



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY AUTOKOBERCE

DESIGN OF MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR CAR CARPET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DAVID KAVAN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. BOHUMIL KANDUS

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): David Kavan

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Návrh technologie výroby autokoberce**

v anglickém jazyce:

#### **Design of manufacturing technology for car carpet**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě stávající technologie výroby pryžového autokoberce vypracovat rešerši na technologii vstřikování plastů do forem, provést návrh technologického postupu a ideový návrh konstrukce vstřikovací formy pro výrobu autokoberce z termoplastického elastomeru.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je návrh technologie výroby na úrovni technologického postupu a rámcové konstrukční výkresové dokumentace nástroje na autokoberec z termoplastického elastomeru podložený technicko-ekonomickým zhodnocením.

Seznam odborné literatury:

- ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER a Antonín KUTA. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. vyd. Praha, Bratislava: SNTL, Alfa, 1989. 638 s. ISBN DT 678.5(075.8).
- TOMIS, František a Josef HELŠTÝN. Formy a přípravky. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 s. ISBN 414-33580.
- KLEEMANN, Werner and Kurt WEBER. Elastomer Processing. 1end ed. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1998. 214 s. ISBN 978-3-446-21017-2.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Bohumil Kandus

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 19.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

**David Kavan:** Návrh technologie výroby autokoberce

---

Cílem této bakalářské práce je návrh výrobní technologie autokoberce z termoplastického elastomeru. Autokoberec bude vyráběn technologií vstřikováním do formy s horkou vtokovou soustavou v sérii 42 000 kusů za rok. Nejdříve je proveden rozbor současné technologie výroby, zakončen shrnutím důvodů ke změně výrobní technologie. Dále následuje obecná literární studie týkající se plastů a technologie vstřikování plastů. V praktické části je zvolen vhodný materiál, dle vypočtených technologických parametrů je zvolen vstřikovací stroj a také je proveden ideový návrh vstřikovací formy pro výrobu autokoberce. Poslední částí práce je technicko-ekonomické zhodnocení porovnávající současnou technologii výroby s nově navrženou technologií.

Klíčová slova: technologie vstřikování, termoplastický elastomer, vstřikovací forma, vstřikovací lis

## **ABSTRACT**

**David Kavan:** Design of manufacturing technology for car carpet

---

The main goal of this bachelor thesis is design of a manufacturing technology for car carpet made from a thermoplastic elastomer. Car carpet will be produced by injection molding with a hot runner system in a series of 42 000 units per year. At first there is an analysis of the current technologies, enclosed with a summary of reasons for the changes in manufacturing technology. Then following is a general review of the literature relating to plastic materials and injection molding technology. In the practical part a suitable material is chosen, injection molding machine is chosen according to calculated technological parameters and a conceptual design of an injection mold for car carpet is executed. The last part is a technical and economical evaluation comparing the current production technology with the newly proposed technology.

Keywords: injection molding technology, thermoplastic elastomer, injection mold, Injection molding machine

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KAVAN, David. *Návrh technologie výroby autokoberce*. Brno, 2014. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 42 s., 1 výkres, CD. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Ing. Bohumil Kandus.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 29.5.2014

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Bohumilu Kandusovi za cenné rady a připomínky týkající se bakalářské práce. Dále děkuji panu Ing. Jaroslavu Stehlíkovi za mnoho praktických rad a cenných připomínek při zpracování bakalářské práce.

# OBSAH

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD

1	ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU VÝROBY .....	11
1.1	Výrobek .....	11
1.2	Výrobní proces .....	12
1.3	Důvody vedoucí ke změně současné technologie .....	13
2	PLASTY .....	14
2.1	Rozdělení plastů .....	14
2.2	Plasty vhodné ke vstřikování .....	16
2.3	Termoplastické elastomery .....	17
2.3.1	Rozdělení termoplastických elastomerů .....	18
3	TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ .....	19
3.1	Proces vstřikování plastů .....	19
3.1.1	Plastikace .....	20
3.1.2	Vstřík taveniny do formy .....	20
3.1.3	Dotlak .....	21
3.1.4	Chladnutí výstřiku uvnitř formy .....	21
3.2	Vstřikovací stroje .....	22
3.2.1	Vstřikovací jednotky .....	22
3.2.2	Uzavírací jednotky .....	24
3.3	Vstřikovací formy .....	25
3.3.1	Násobnost vstřikovacích forem .....	25
3.3.2	Vtoková soustava .....	26
3.3.3	Temperování forem .....	27
3.3.4	Vyhazování výstřiků z formy .....	27
4	NÁVRH VÝROBY AUTOKOBERCE .....	28
4.1	Volba materiálu .....	28
4.2	Výpočet technologických parametrů .....	29
4.3	Ideový návrh univerzálního rámu formy .....	32
4.4	Volba vstřikovacího stroje .....	35

4.5	Technologický postup.....	36
5	TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	38
6	ZÁVĚR.....	42

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

SEZNAM PŘÍLOH

SEZNAM VÝKRESŮ

## ÚVOD [1],[3]

Plasty (často nesprávně označované jako umělé hmoty) jsou dnes hojně používané technické materiály. Plasty jsou nám známy od druhé poloviny 19. století, ale ve velké míře se začaly používat až od druhé poloviny 20. století. V dnešní době se jejich vývoj zabývá především zlepšením stávajících vlastností a jejich kombinací s tradičními materiály. Z tohoto hlediska je největší zájem projevován o termoplasty, díky jejich velmi dobrým vlastnostem a progresivní technologii při zpracování.

V běžném životě jsme s plasty každodenně v přímém kontaktu (obr. 1). Díky svým vlastnostem se velmi dobře uplatňuje jejich aplikace ve všech odvětvích výroby, a to především ve strojírenství, elektrotechnice, stavebnictví, obalové technice a zemědělství. Do budoucna se budeme s plasty setkávat čím dál častěji a ve větší míře, jelikož zpracování plastů je jedním z nejdynamičtěji rostoucích výrobních odvětví. Plasty postupně úspěšně nahrazují tradiční materiály.

Jedním z příkladů nahrazení tradičního materiálu plastem je nahrazení pryže termoplastickým elastomerem, který má za pokojové teploty velmi podobné užité vlastnosti a při výrobě odpadá proces vulkanizace.



Obr. 1 Plastové výrobky [15],[16],[17],[18]

# 1 ROZBOR SOUČASTNÉHO STAVU VÝROBY

## 1.1 Výrobek

Vyráběným výrobkem je pryžový autokoberec (obr. 2), který je vyráběn technologií lisování pryže. Autokoberec chrání textilní potah na podlaze automobilu před nečistotami a vodou. U některých typů zákazník požaduje zadržení až tří litrů tekutin. Údržba textilního potahu je v porovnání s pryží velice pracná, a proto se do automobilů instalují snadno udržovatelné pryžové autokoberce. V případě, že dojde vlivem opotřebení ke zničení autokoberce, lze jej velmi snadno a rychle nahradit novým, což u textilního potahu nelze, protože bývá z pravidla zakomponován do interiéru vozidla.



Obr. 2 Pryžový autokoberec

Pryž, ze které se autokoberec vyrábí je směsí syntetického a přírodního kaučuku, sazí, oleje, mleté olejové síry a plniv. Přidáním plniv se zlepšují materiálové vlastnosti, především pevnost a odolnost proti oděru. Materiálové složení se volí s ohledem na udržení co nejnižších nákladů a zároveň splnění přísných předepsaných norem. Normy, které musí autokoberec splňovat určují jeho odolnost proti předepsaným látkám, různorodým klimatickým podmínkám, pevnost v tahu a řadu dalších požadovaných vlastností. Podrobný seznam norem je uveden v příloze 1. Zcela nejdůležitějším požadavkem na autokoberce je jeho bezpečnost. Nikdy nesmí dojít k ohrožení funkčnosti pedálů v automobilu. Je známý případ automobilky Toyota v USA, kdy se autokoberce dostávaly pod plynový pedál, což vedlo až k tragickým dopravním nehodám. Pro upevnění autokoberce a stabilizaci jeho polohy se používá upínací systém (obr. 3). Velikost autokoberce se liší podle typu vozidla, pro který je určený. Rozměry každého autokoberce jsou dány velikostí a tvarem podlahy daného automobilu.

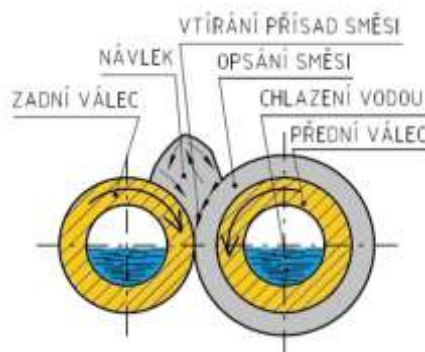


Obr. 3 Upínací systém autokoberce

## 1.2 Výrobní proces [4]

Výrobní proces lisování pryže je, co se počtu operací týče, dosti zdoluhavý proces. Jednotlivé operace neprobíhají většinou na stejném pracovišti, a proto je zapotřebí časté mezioperační manipulace s materiálem a později i s výliskem.

Po naskladnění potřebných surovin následuje první operace zvaná míchání směsi. Při míchání směsi dochází k propojení kaučuku a příměsí (plniva, stabilizátory, aktivátory vulkanizace, vulkanizační přísady) čímž vzniká jednolitá masa. Směs je míchána pomocí dvou válců (obr. 4) a doba míchání se pohybuje okolo 25 minut. Oproti přednímu válci má zadní váleček větší rychlost otáčení, čímž se vytváří stříhové síly a směs je lépe promíchávána. Ke stříhu dochází na vzniklém povlaku směsi v prostoru štěrbině mezi válci. Oba válce jsou neustále vnitřně chlazeny vodou.



Obr. 4 Míchání směsi na dvou válcích [4]

Dalším krokem je tvorba předlisků nazývaných jako nálože. Nálože jsou vyráběny na šnekovém lisu, který je plněn směsí připravenou válcováním. Ze šnekového lisu vychází nekonečný profil stejného průměru, který je automatickou linkou dělen na nálože. Velikost náloží se určuje podle velikosti formy, ve které budou následně použity.

Dále dochází k vulkanizaci v lisu pomocí formy. Zde dochází k dvěma souběžným procesům, a to k lisování a vulkanizaci. Vulkanizace probíhá při teplotě 175°C s tolerancí 5°C, po dobu 3,5 minuty. Teplo potřebné k vulkanizaci je dodáváno prostřednictvím vulkanizační formy (obr. 5), která je vyhřívána přímo v lisu. Forma je vyráběna z konstrukční oceli 11 523 a splňuje všechny konstrukční požadavky na vulkanizační formy pro lisování pryže. Je vyrobena s přetokovou drážkou, do které se vytlačí přebytečná pryž z dutiny formy tak, aby autokoberec získal požadovaný tvar. Vulkanizační forma je důležitým prvkem při vzniku vulkanizátu. Kromě základního tvaru a rozměru udává budoucímu výrobku i vzhled včetně povrchového provedení, ať už se jedná o hladkost a lesk nebo požadované výstupky apod. Plnění formy náložemi provádí personál obsluhující lis tak, aby byla forma při sevření lisu a vulkanizaci rovnoměrně vyplněna a nedocházelo k nesouměrně velkým přetokům směsi na různých stranách formy, což má za následek její neúplné vyplnění. Lisování probíhá na dvou-etážovém vertikálním lisu. Při jednom zdvihu se lisuje na dvou formách zároveň. Po skončení vulkanizace a vyjmutí autokoberce z formy následuje ještě dochlazení, v chladicím boxu s prouděním vzduchu po dobu dvaceti minut.



Obr. 5 Vulkanizační forma [4]

Jelikož jsou po stranách výlisku materiálové přetoky, je třeba přetoky odstříhnout a vystříhnout technologické otvory sloužící pro uchycení autokoberce ve vozidle. Ostřížení se provádí ručně předeřtáým nožem, vystřihování poté na k tomu určených přípravech.

Po ostříhu a výstupní kontrole, která se z pravidla provádí vizuálně, je autokoberce zcela hotový a může následovat balení a expedice.

### 1.3 Důvody vedoucí ke změně současné technologie

Velký počet operací ve výrobním procesu lisování pryže má negativní vliv na cenu výsledného produktu. Tento výrobní proces se nedá ve větší míře automatizovat, což se také projevuje na zvýšení ceny výsledného produktu. Při neúplném vyplnění formy vznikají takzvané nedolítky (obr. 6). Výlisky obsahující nedolítky jsou zmetkové. Nevýhodou je také obtížné udržení barevné stálosti výrobku. Stačí pouhá změna výrobce některé ze složek směsi a výsledná barva se změní. U autokoberce, je barevná stálost velmi důležitou vlastností, protože odběratelé požadují danou barvu, v souladu s interiérem vozu. Další z nevýhod pryže, projevující se především v posledních letech, je jejich složitá recyklace. Směsi jsou tvořeny chemikáliemi, oleji a sazemi, jejichž výroba je velmi neekologická a zatěžující životní prostředí. Odběratelé, jimiž jsou především automobilky, jsou nuceni do vozidel umisťovat co nejvíce recyklovatelných a ekologických součástí, a proto požadují tyto vlastnosti i u autokoberců.



Obr. 6 Zmetkové autokoberce obsahující nedolítky

Kvůli těmto a řadě dalších problémů spojených s výrobou autokoberců z pryže je snaha přejít na efektivnější, méně problematickou, ekologičtější a cenově výhodnější výrobní technologii. Jednou z relativně nových progresivních technologií v tomto oboru je vstřikování termoplastických elastomerů. Tato technologie umožňuje vyrábět autokoberce při splnění přísných norem za stejnou nebo i nižší cenu, v porovnání s pryžovými autokoberci, s výhodou využití plně recyklovatelného materiálu. Termoplastické elastomery díky své nižší měrné hustotě v porovnání s pryží, což vede ke snížení hmotnosti autokoberců. Právě nižší hmotnost je jeden z požadavků automobilek jako zákazníků. Na základě těchto faktů byla tato technologie vybrána jako náhrada současně používané.

## 2 PLASTY [5],[3]

Plasty jsou polymery, jejichž podstatou jsou makromolekulární látky, jak přírodní, tak syntetické. Svůj název získaly podle své mechanické vlastnosti, kterou je plasticita. Plasticita je jedna z klíčových technologických vlastností, která určuje jejich zpracování a způsob výroby. Zpracování při snadno dosažitelných technologických podmínkách v daném stádiu tepelného zpracování dovoluje výjimečná vlastnost plastů termoplasticita.

Plasty se většinou nezpracovávají v čistém stavu, ale bývají doplněny o tři základní složky, pojivo, plnivo a přísady. Velice často bývá při zpracovávání plastů použito barvivo, díky němuž není nutné plasty dodatečně povrchově upravovat nátěrem.

- **Pojivo** je vlastní makromolekulární látka, která určuje fyzikálně-mechanické vlastnosti plastu.
- **Plnivo** jsou nejrůznější látky, které mohou upravovat výsledné vlastnosti plastů nebo mohou doplňovat pojivo. Plnivo může být jak organického, tak i anorganického původu a jedná se většinou o pevnou látku.
- **Přísady** upravují vybrané vlastnosti plastů. Jedná se především o stabilizátory, maziva a změkčovadla.

### 2.1 Rozdělení plastů [3],[5],[9]

Rozdělení plastů je možné podle nejrůznějších kritérií do mnoha skupin. Nejčastěji se dělí podle následujících kritérií:

- **PODLE TYPU CHEMICKÉ REAKCE**

**Polymeráty** - jsou to syntetické polymery vznikající polymerací na bázi polymeračních produktů. Při reakci vzniká makromolekulární látka, například polystyren, polyvinylchlorid a syntetické kaučuky.

**Polykondenzáty** – jedná se o syntetické polymery vznikající polykondenzací na bázi kondenzačních produktů, jako jsou polyester, polyamidy, fenolformaldehydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice. Při této reakci dochází k odštěpení vedlejšího produktu, kterým bývá nejčastěji voda.

**Polyadukty** – jsou syntetické polymery vznikající polyadicí na bázi polyadičních produktů. Při reakci vzniká makromolekulární látka, například polyuretany.

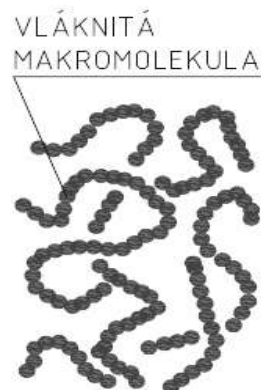
- **PODLE NADMOLEKULÁRNÍ STRUKTURY**

**Amorfní** – makromolekuly zauímají zcela nahodilou pozici. Charakteristickými vlastnostmi pro jsou tvrdost, křehkost, vysoká pevnost a průhlednost. Mezi amorfní plasty patří například polystyren, polykarbonát a polymethylmetakrylát.

**Krystalické** – vyznačují se určitým stupněm uspořádanosti, označeným jako stupeň krystalinity, který vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí uložených mezi amorfními oblastmi. Stupeň krystalinity se pohybuje mezi 40% až 90%, ale nikdy nemůže dosáhnout 100%, proto se krystalické látky označují jako semikrystalické.

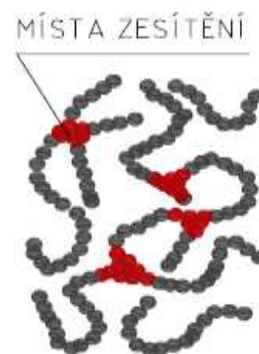
- **PODLE CHOVÁNÍ ZA ZVÝŠENÉ TEPLoty**

**Termoplasty** – jsou teplem tavitelné plasty složené z vláknitých makromolekul (obr. 7). Působením zvýšené teploty na hranici teploty tání měknou. Za tohoto plastického stavu se dají dobře tvarovat ohýbáním, tažením, lisováním a vyfukováním. Teplota, při které lze termoplasty tvarovat se pohybuje v rozmezí od 80°C do 140°C. Teploty od 250°C jsou teploty tavení, při kterých termoplasty přechází do kapalného skupenství. V tomto stavu se dají zpracovávat vstřikováním. Po ochlazení opět ztuhnou, aniž by se změnila jejich původní vlastnosti. Tento fyzikální proces lze teoreticky neustále opakovat. Mezi termoplasty se řadí polyvinylchlorid, polystyren, polyamid, polypropylen, polyester a řada dalších.



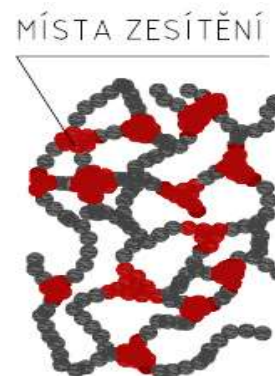
Obr. 7 Termoplastická struktura [3]

**Reaktoplasty** – nazývané také jako termosety nebo duroplasty jsou teplem vytvrditelné plasty. Zpracovávají se například lisováním do formy. Ve formě, za působení tepla, probíhá zesíťování řetězců (obr. 8) do prostorové trojrozměrné sítě neboli vytvrzování. Vytvrzováním se termoplasty dostávají do pevného skupenství. Po vytvrzení již nelze látku přivést do plastického stavu. Dalším zahříváním dojde pouze k degradaci hmoty. Mezi reaktoplasty patří fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice nebo polyesterové hmoty.



Obr. 8 Reaktoplastická struktura [3]

**Elastomery** – jsou plasty s elastickými vlastnostmi. Jejich gumová elasticita není z velké části závislá na teplotě. V první fázi zahřívání měknou a dají se dobře tvářet. V druhé fázi zahřívání, tzv. vulkanizaci dochází k zesíťování struktury (obr. 9). U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám molekulární struktury a proces měknutí a tunutí lze opakovat teoreticky neustále. Mezi elastomery patří kaučuky, butylkaučuk, polyuretanový kaučuk, polysulfidový kaučuk, silikonový kaučuk a další.



Obr. 9 Elastomerická struktura [3]

- **PODLE VÝCHOZÍCH SUROVIN**

**Polosyntetické** – jsou připravené chemickou nebo fyzikální přeměnou z přírodních polymerů. Nejčastěji se využívají přírodní polymery. Přírodní kaučuk, který je produktem z přírodního latexu a je výchozí látkou při výrobě gumárenských směsí. Dále celulóza tvořící základní složku rostlinných tkání a kasein, bílkovina fosfoproteinů, tvořící výchozí surovinu při výrobě lepidel.

**Plně syntetické** – jsou vyrobeny polymerační syntézou nízkomolekulárních organických sloučenin. Výchozí látky se tedy získávají zejména z ropy, zemního plynu a uhlí, chemickými reakcemi tzv. polyreakcemi (polymerace, polykondenzace, polyadice). Těmito reakcemi získávají makromolekulární produkty zcela nové vlastností. Tento způsob výroby se promítá do názvu mnoha plastů, jako jsou například polyethylen nebo polystyren.

## 2.2 Plasty vhodné ke vstřikování [5],[8],[10]

Rozdílné požadavky kladené na plastové výrobky zhotovené vstřikováním a také rozmanitost pracovních podmínek se odrážejí v nárocích na používané materiály (tab. 1).

Nejdůležitější skupinou plastů pro účely vstřikování jsou termoplasty. Umožňují velmi produktivní a levné zpracování a současně nabízejí širokou škálu vlastností a barev. Jejich sortiment sahá od levných plastů širokého použití, až k drahým konstrukčním plastům. Sortiment termoplastů se neustále rozrůstá ať už ve směru nových polymerů nebo modifikacemi dosavadních polymerů. Z ekonomického hlediska je výhodnější zabývat se modifikacemi na základě stávajících polymerů. Při volbě materiálu je třeba vedle vlastností a ceny materiálu vzít v úvahu i jeho zpracovatelnost. Dobře zpracovatelný materiál umožňuje vysoké využití jeho mechanických vlastností ve výrobku, a tím zvýšení celkové kvality výrobku.

Reaktoplasty mají pro vstřikované výrobky podstatně menší význam než termoplasty a jejich vstřikování není tak vhodné jako vstřikování termoplastů. Použití reaktoplastů na strojírenské výrobky je omezeno nízkou rázovou a vrubovou houževnatostí těchto materiálů. Používají se hlavně na součásti namáhané za vyšších teplot.

Tab. 1 Polymerní materiály ke vstřikování [5]

POLYMERY			
REAKTOPLASTY	TERMOPLASTY	TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY	ELASTOMERY
Fenolické	Částečně krystalické	S vysokou tvrdostí	NR
Melaminové	Amorfní	S nízkou tvrdostí	SBR
Epoxidové			NBR
Polyesterové			EPDM
Další			Další

## 2.3 Termoplastické elastomery [5],[10]

Termoplastické elastomery, často označované zkratkou TPE, jsou skupinou polymerních materiálů, které mají při pokojové teplotě vlastnosti elastomeru, respektive pryže. Dají se zpracovávat stejně jako termoplasty, ale v porovnání s pryží pak odpadá proces vulkanizace, při zachování analogických užitečných vlastností. Hlavní rozdíl mezi TPE a pryžími je v integraci polymerních řetězců do polymerní matrice. U TPE nedochází k chemické integraci, ale k fyzikální. Jedná se tedy o směsi.

Z hlediska zpracovatelnosti mají TPE vhodné vlastnosti. Přechod ze zpracovatelské taveniny k pevnému, elastickému tělesu je rychlý, vratný a nastává pouhým ochlazením. Při srovnání s výrobou pryží odpadá složitý a poměrně dlouhý proces vulkanizace kaučukových směsí, kterým musí pryže při výrobě projít.

Uzly polymerní matrice TPE obvykle tvoří určité množství nesmísitelných termoplastických domén, dispergovaných v kontinuální elastomerní fázi. Zatímco u konvenčních směsí polymerů působí na rozhraní fází poměrně malé síly, u TPE se vytvářejí fyzikální vazby, jejichž energie je srovnatelná s energií kovalentních vazeb. Domény tvořící uzly jsou při pokojové teplotě tuhé a spojují elastomerní řetězce do trojrozměrné sítě. Při zahřátí tvrdé bloky měknou a TPE jsou schopny toku. Vícefázová doména někdy přetrvává i za zvýšených teplot v taveninách a komplikuje jejich reologické chování.

Vlastnosti TPE závisí jak na vlastnostech elastomeru, tak i na poměru mezi obsahem tvrdé a měkké fáze. Stupeň mísitelnosti měkké a tvrdé fáze také ovlivňuje zpracovatelnost TPE. Odolnost proti olejům a rozpouštědlům mají zpravidla lepší krystalické tvrdé fáze nebo TPE s příměsí polymeru schopného krystalizace. Měkké i tvrdé domény TPE mohou být vytvořeny polymery různého složení, struktury, vlastností a různého stupně vzájemné mísitelnosti, existuje mnoho druhů materiálů, které lze mezi TPE zařadit.

Některé typy TPE byly díky své vysoké houževnatosti aplikovány jako náhrada termoplastů. Komerčně důležitými se staly v oblasti náhrady vulkanizovaných kaučuků. Tato aplikace přináší i značné ekonomické úspory. Cena TPE je větší než cena konvenčních kaučuků, ale značné množství prostředků lze ušetřit při jeho zpracování. Při zpracování TPE všechny procesy probíhají značně rychleji než při zpracování kaučuků. Také je možno TPE velmi dobře recyklovat a znovu použít, což u kaučukových směsí nelze. Tyto faktory zvyšují výrobnost a tím, i přes vyšší investici do surovin, snižují cenu výrobků z TPE. Proto jsou technologie zpracování TPE čím dál častěji zaváděny do gumárenského průmyslu, jako náhrada zpracování konvenčních materiálů.

Mezi nevýhody TPE se řadí jejich větší citlivost na rozdíly teplot při zpracování. Je třeba dodržet předepsanou minimální teplotu, aby nedocházelo ke studeným spojům na výrobku. Další nevýhodou jsou zvýšené nároky na formu, do které se TPE vstříkují. Formy musí být vysoce těsné, jelikož TPE prostupují i otvory menšími než 0,03mm. Pohledové plochy musí být velmi dobře obrobena. Materiál, ze kterého je forma vyrobena musí být vysokojakostní ocel, jelikož při vstříkávání dochází k neustálému otěru formy vlivem adhezivního tření. Naopak, mezi výhody TPE patří především nižší cena hotových výrobků. Dále také široká škála barevných provedení výrobků a rovnoměrnější kvalita výroby.

### 2.3.1 Rozdělení termoplastických elastomerů [5]

Termoplastické elastomery lze dělit do dvou základních skupin. Podle poměru mezi obsahem tvrdých a měkkých fází na typy s vysokou tvrdostí a typy s nízkou tvrdostí (tab. 2).

Tab. 2 Rozdělení termoplastických elastomerů [5]

TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY - TPE	
Typy s vysokou tvrdostí	Typy s nízkou tvrdostí
Kopolyestery - TPE-E	Termoplastické polyolefiny - TPE-O
Polyetherbloomamidy - TPE-A	Styren-olefinové-blok-kopolymery - TPE-S
	Termoplastické polyuretany - TPE-U

V praxi se ze zkratky, označující daný termoplastický elastomer, často vypouští písmeno „E“, takže se mluví o TPE, TPA, TPO, TPS a TPU. Jednotlivé typy termoplastických elastomerů jsou charakterizovány následně:

- TPE – jsou velmi tuhé a tvrdé podobně jako pryže, ale také velmi flexibilní jako termoplasty. Je pro ně typická specifická molekulární struktura, skládající se z měkkých polyetherových komponent a tvrdých polyesterových segmentů.
- TPA – vznikají vložením flexibilních polyetherových skupin do polyamidových molekulárních řetězců. Tuhý polyamid se transformuje v tvrdě elastický polyetherový blokový amid.
- TPU – polyuretany mohou být nejen jako odlévací a zvulkanizované materiály, ale také jako termoplastické elastomery. Struktura závisí na tom, zda se jedná o polyesterový polyuretan nebo polyether polyuretan.
- TPO – směsi separátních fází jsou vyráběny v řadě variantních skupin. Polyolefiny, nejčastěji polypropylen, tvoří tvrdou fázi. Měkkou fází představují etylen-propylen-dian polymerisat, akrilonitril-butadien-kaučuk nebo další elastomery. Poměr obou komponent určuje tvrdost a vlastnosti konkrétního TPO.
- TPS – jedná se o trojblokové struktury tvořené na začátku a na konci molekulami polystyrenu a mezi nimi je měkký polyethylen/polybuthylen blok s nimi chemicky svázaný.

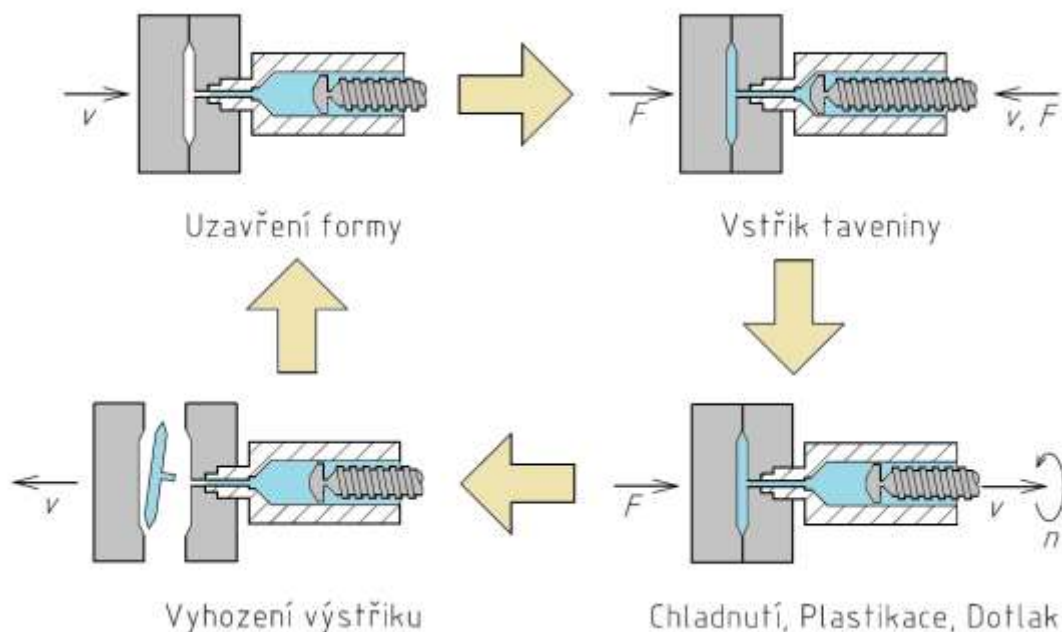
### 3 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ [8],[9],[11]

Vstřikování plastů je jednou z hlavních operací při zpracovávání plastů. Jedná se o nejrozšířenější způsob tváření plastů. Umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a dostatečně přesné výrobky, nazývané jako výstřiky, z mnoha druhů plastových materiálů. Výrobky zhotovené touto technologií, mohou mít charakter polotovarů nebo konečných výrobků s vysokou přesností.

Krátký čas trvání vstřikovacího cyklu a schopnost vyrábět výrobky s velmi přesnými rozměry a velmi dobrou povrchovou úpravou, jsou hlavními výhodami technologie vstřikování. Mezi nevýhody poté patří vysoké počáteční náklady, zvýšené nároky na kvalitu formy a neúměrná velikost strojních zařízení, v porovnání s velikostí vyráběných součástí.

#### 3.1 Proces vstřikování plastů [3],[8],[9]

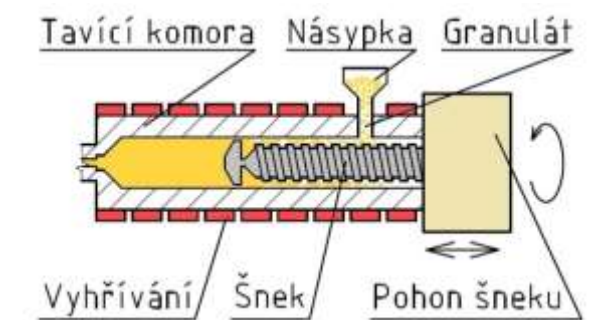
Proces vstřikování plastů je zobrazen na obrázku 10. Celý proces, při kterém je materiál vstřikovacím strojem vstřikován do dutiny formy, má několik hlavních fází. Těmi jsou plastifikace materiálu, vstřik taveniny do dutiny formy, dotlak a chlazení výstřiku ve formě. Po ochlazení a vyhození výstřiku se celý cyklus opakuje. Jelikož se jedná o cyklický a neizometrický proces, během něhož prochází plast teplotním cyklem, je třeba definovat počátek cyklu. Počátek cyklu může být definován jako impuls k uzavření formy. Při vstřikování je třeba zajistit, aby všechny jednotlivé operace probíhaly dle předem stanoveného sledu a v přesných časových intervalech.



Obr. 10 Zjednodušené schéma vstřikovacího cyklu [8]

### 3.1.1 Plastikace [8],[9],[11]

Při procesu plastikace dochází k tavení plastů (obr. 11) ve formě granulátu tak, aby jej bylo možné vstříknout do formy. Plast se při plastikaci nejen taví, ale také homogenizuje. Plastikace probíhá v tavicí komoře stroje, kde je posuvně a otočně uložena závitnice zvaná šnek. Teplo potřebné k procesu plastikace je z jedné třetiny přiváděno vyhříváním tavicí komory a ze dvou třetin vzniká třením granulátu při hnětení šnekem.



Obr. 11 Plastikace uvnitř vstřikovací jednotky

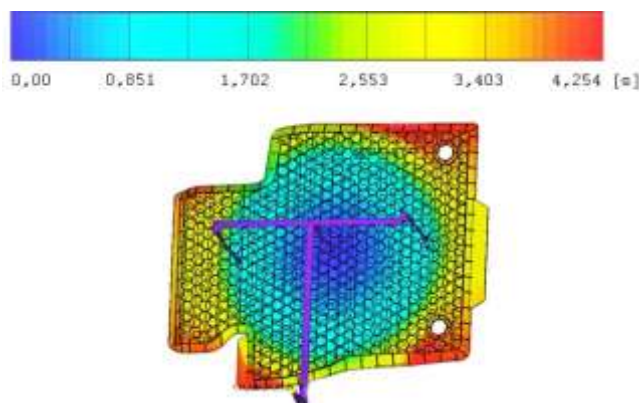
Granulát padá z násypky na šnek, který se při plastikaci otáčí a zároveň posouvá vzad, čímž je granulát posouván tavicí komorou směrem k trysce. Při postupu tavicím válcem se granulát postupně taví, homogenizuje, komprimuje a shromažďuje se před čelem šneku.

Teplotu taveniny je nutné dodržovat v předepsaném rozmezí, pro daný typ materiálu. Proto bývají vstřikovací stroje vybaveny automatickou regulací teploty taveniny. Regulace probíhá změnou průběhu zpětného tlaku šneku. Zpětný tlak šneku ovlivňuje odpor při hnětení granulátu, a tím i vznik tepla způsobeného třením. Zpětný tlak je nastavován podle polohy šneku, protože při posuvu vzad se neustále zkracuje účinná část šneku a tím se zkracuje i doba pro natavení granulátu. Proto je třeba zvyšovat zpětný tlak, aby docházelo k rychlejšímu tavení na požadovanou teplotu.

### 3.1.2 Vstřík taveniny do formy [8],[9]

V této fázi procesu vstřikování dochází k vyplnění dutiny vstřikovací formy taveninou. Vstřík probíhá pod tlakem 50 až 200 MPa v závislosti na viskozitě taveniny, členitosti a tloušťce stěn výstřiku.

První fází vstřiku je plnění formy. Při plnění formy se musí předejít předčasnému tuhnutí taveniny, proto musí být plnění rychle. Rychlost taveniny v dutině formy bývá 100 až 200  $\text{ms}^{-1}$ . Vysoká rychlost vstřiku má také příznivý vliv na orientaci makromolekul ve výstřiku. Časový průběh plnění formy je zobrazen na obrázku 12.



Obr. 12 Průběh plnění formy pro autokoberec

Rychlost proudu taveniny v dutině formy by měla být konstantní po celou dobu vstřiku. U tvarově jednoduchých výstřiků se šnek pohybuje konstantní rychlostí vpřed a i proud taveniny se v dutině formy pohybuje konstantní rychlostí. U tvarově složitých výstřiků je nutné měnit rychlost posuvu šneku tak, aby rychlost taveniny v dutině formy byla alespoň přibližně stejná. Nejdříve by měla rychlost taveniny postupně narůstat, aby nedocházelo k vnitřnímu pnutí a tvorbě viditelných vtokových čar. Při pohybu taveniny kolem větších jader by měla být rychlost vstřiku vyšší, aby se předešlo

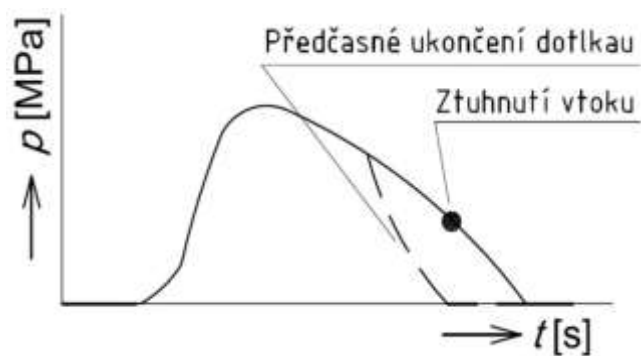
vzniku studených spojů. Ke konci vstřiku by měla rychlost taveniny plynule zpomalovat, aby mohl uniknout vzduch z dutiny formy a nevznikaly tlakové špičky ve formě.

Druhou fází plnění formy je stlačení hmoty ve formě. Tato fáze nastává po naplnění tvarových dutin formy taveninou. Tlak taveniny v této fázi prudce stoupne a vstřikovací rychlost klesne. Hrozí vznik tlakové špičky a deformace formy. Proto je důležité, aby se vstřikovací tlak snížil ještě před dosažením tlakového maxima ve formě. Přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak lze nejlépe ošetřit zabudováním systému přesného přepínání tlaku. Tento systém funguje pomocí snímačů propojených s řídicím systémem stroje.

### 3.1.3 Dotlak [8],[9]

Dotlak probíhá při chladnutí výstřiku ve formě. Tlakem se dotlačuje chladnoucí tavenina do formy, čímž se kompenzuje úbytek objemu způsobený smršťováním materiálu během chladnutí. Vyšší než potřebný dotlak zvětšuje rozměry a stupeň orientace molekul výstřiku.

Dotlak by měl probíhat tak dlouho, dokud neztuhne tavenina v ústí vtoku do formy. Poté už je dotlak bezúčelný a pouze prodlužuje dobu trvání vstřikovacího cyklu. Při předčasném ukončení dotlaku se mohou tvořit propadliny nebo dutiny na výstřiku a dochází k zpětnému toku materiálu z formy směrem k trysce. Dotlak je vhodné řídit (obr. 13) a rozdělit proces na více fází. V první fázi by měl být dotlak vyšší, aby se forma rychle a ideálně vyplnila, jelikož je materiál ještě tekutý. Poté by se měl dotlak postupně snižovat, aby došlo ke snížení stupně orientace molekul v okolí vtoku.



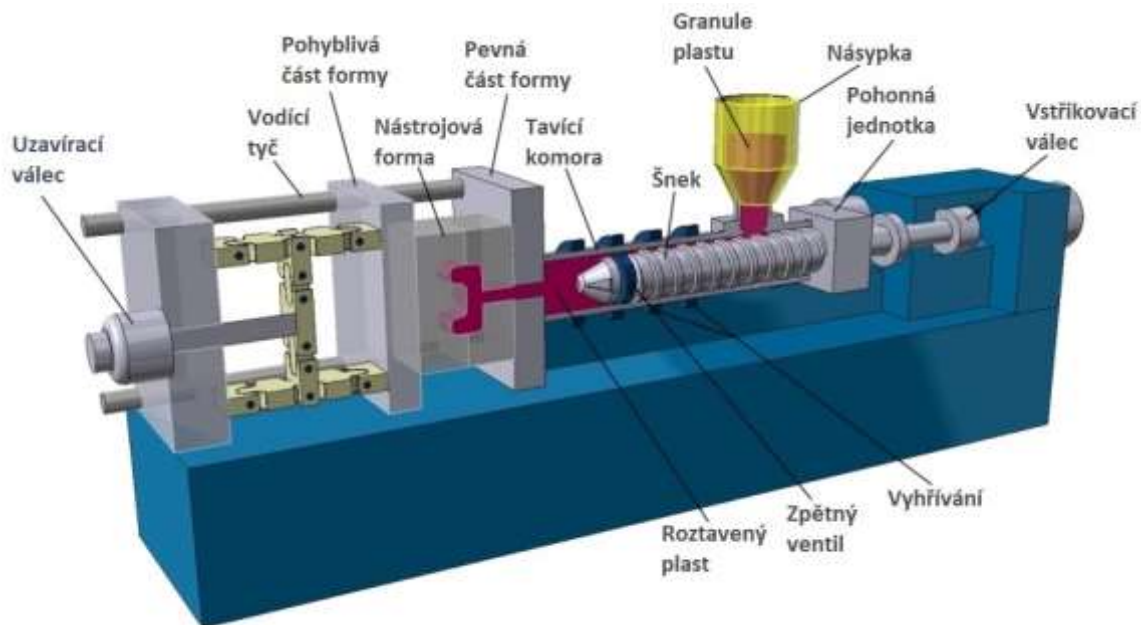
Obr. 13 Průběh dotlaku ve formě [8]

### 3.1.4 Chladnutí výstřiku uvnitř formy [8],[9]

Chladnutí začíná probíhat už během vstřikovací fáze a pokračuje během dotlaku. Časově se jedná o nejdelší úsek celého procesu vstřikování. Doba chladnutí se pohybuje v závislosti na rozměrech výstřiku, nejvíce je ovlivněna největší tloušťkou. Délka doby chlazení se pohybuje v řádech sekund až minut a dá se dopředu spočítat. V celém procesu chladnutí dochází ke značným změnám stavových veličin polymeru, tlaku, měrného objemu a teploty. Průběh změn stavových veličin je v různých místech výstřiku odlišný. Změny jsou ovlivněny tvarem výrobku, tloušťkou stěn, vstřikovacím tlakem, dotlakem, vstřikovací rychlostí a teplotou taveniny. Při chladnutí je ovlivňována jak struktura, krystalizace a vnitřní pnutí, tak také kvalita a povrch výstřiku. Vzhledové nedostatky výstřiku, jako jsou tokové čáry, povrchové propadliny, šupinatý povrch a další, bývají způsobeny převážně nevhodnými technologickými podmínkami při zpracování, špatným tvarovým řešením výrobku a nevhodným umístěním nebo typem vtoku. V ochlazujícím se materiálu poté nastává nerovnovážnost struktury a nehomogenita, což vede ke vzniku těchto vzhledových nedostatků.

### 3.2 Vstřikovací stroje [8],[9],[21]

Na moderních vstřikovacích strojích (obr. 14) probíhá proces vstřikování ve velké míře automaticky. Díky těmto možnostem automatizace je vstřikovací proces velmi efektivní a dosahuje se vysoké produktivity práce. Vstřikovací stroje se používají takřka ve všech případech pouze pro sériovou výrobu, jelikož jejich pořizovací cena je velmi vysoká.



Obr. 14 Schéma vstřikovacího stroje [21]

Hlavními částmi vstřikovacího stroje jsou vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka, vstřikovací forma, a zařízení sloužící k řízení a regulaci celého procesu. Vstřikovací stroj lze dovybavit periferními zařízeními, jako jsou manipulátory, roboty, temperační zařízení, sušárny, dopravníky a další. Využitím těchto periferních zařízení, je možné vytvořit částečně nebo plně automatické pracoviště.

#### 3.2.1 Vstřikovací jednotky [1],[9]

Účelem vstřikovací jednotky je přeměna granulátu plastu na homogenní taveninu a tu poté velkou rychlostí a pod vysokým tlakem vstříknout do dutiny formy. Existují dva druhy vstřikovacích jednotek a to pístové jednotky a šnekové jednotky. Nejdůležitější částí vstřikovací jednotky tvoří tavící komora, tryska, vyhřívání a šnek, případně píst.

V pístových jednotkách je granulát plastu protlačován pomocí pístu tavící komorou. Při průchodu tavící komorou dochází k plastikaci granulátu. Teplo potřebné k plastikaci je dodáváno především pomocí odporového vyhřívání umístěného na plášti tavící komory. Nevýhodou tohoto řešení je omezená schopnost převodu tepla z pláště vstřikovací komory. V důsledku nedostatečného průchodu tepla se výrazně zhoršují plastikační podmínky směrem ke středu tavící komory. Pístové jednotky se dnes používají už jen výjimečně, a to většinou na dosluhujících strojích.

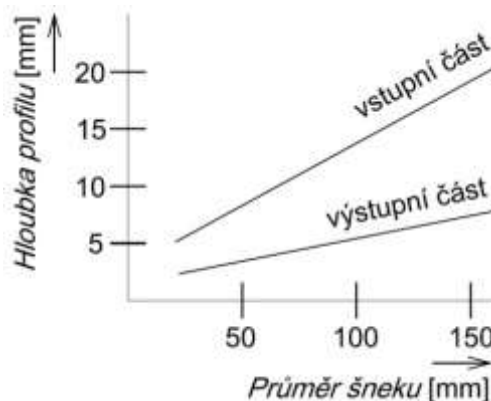
Šnekové jednotky (obr. 15) se začaly používat o půl století později než pístové jednotky. Po zavedení šnekových jednotek, začaly velmi rychle nahrazovat pístové jednotky, protože úspěšně vyřešily všechny nedostatky pístových jednotek. Hlavním rozdílem šnekové jednotky oproti pístové jednotce je ve zdroji tepla potřebného pro plastikaci. U šnekových jednotek tvoří teplo přenesené z odporového vyhřívání přes tavicí komoru jen třetinu celkového tepla. Zbylé dvě třetiny vznikají třením granulátu při hnětení šneku.



Obr. 15 Řez šnekovou vstříkací jednotkou [9]

Hlavní výhody šnekových jednotek jsou: podstatně větší výkon v porovnání s pístovými jednotkami, lepší materiálová a teplotní homogenita taveniny, menší vnitřní pnutí výstřiků, možnost zpracovávat i termicky nestabilní polymery díky lepším tokovým poměrům, větší hospodárnost vstříkovaní a vyšší vstříkací tlak.

Velký vliv na výkonnost vstříkacího stroje má konstrukce šneku. Obvykle se používají šneky s délkou  $20D$  až  $22D$  s přechodovou zónou, která má délku  $3D$  až  $4D$ . Stoupání šneku bývá nejčastěji voleno jako  $0,85D$  a axiální zdvih  $3D$  až  $4D$ . Hloubka šnekového profilu běžně používaných šneků v závislosti na průměru šneku je zobrazena na obrázku 16. Obvodová rychlost šneku bývá podle druhu polymeru přibližně od  $0,1 \text{ ms}^{-1}$  až do  $1 \text{ ms}^{-1}$ . Pohon šneku bývá zajištěn elektromotory nebo hydraulickými motory, ty se s výhodou používají u větších strojů. Axiální posun se provádí hydraulicky. Důležité je, aby jak rotační, tak i axiální pohyb bylo možné plynule řídit, čímž se dá nastavit vhodný stupeň plastikace vstříkovaného plastu.



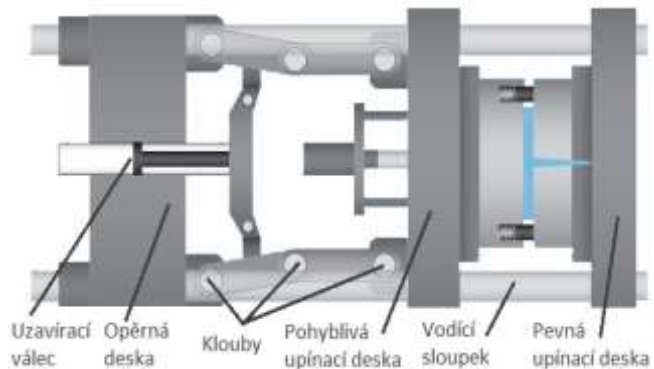
Obr. 16 Hloubka šnekového profilu [1]

Tavicí komora bývá většinou rozdělena do tří samostatných vytápěných pásem. Díky tomuto řešení lze regulovat teplo přiváděné do tavicí komory, tak aby plastikace granulátu probíhala průběžně při jeho průchodem skrz tavicí komoru. V okolí násypky musí být teplota tavicí komory nižší než například v okolí trysky, aby nedocházelo ke spečení granulí plastu.

Vstříkací trysky přivádí taveninu připravenou v tavicí komoře do dutiny formy a to nejlépe bez tlakových ztrát. Podle vlastností zpracovávaného materiálu se používají trysky otevřené nebo uzavíratelné. Pro vstříkovaní materiálu s velkou viskozitou se používají trysky otevřené. Uzavíratelné trysky se otevírají pouze při dosedu vstříkací jednotky na formu, což může vést ke vzniku nebezpečných mrtvých prostorů. Tyto mrtvé prostory mohou vést k degradaci taveniny. Trysky se dělí také dle toho, zda se jedná o trysky s vyhříváním nebo bez vyhřívání.

### 3.2.2 Uzavírací jednotky [1],[9],[11]

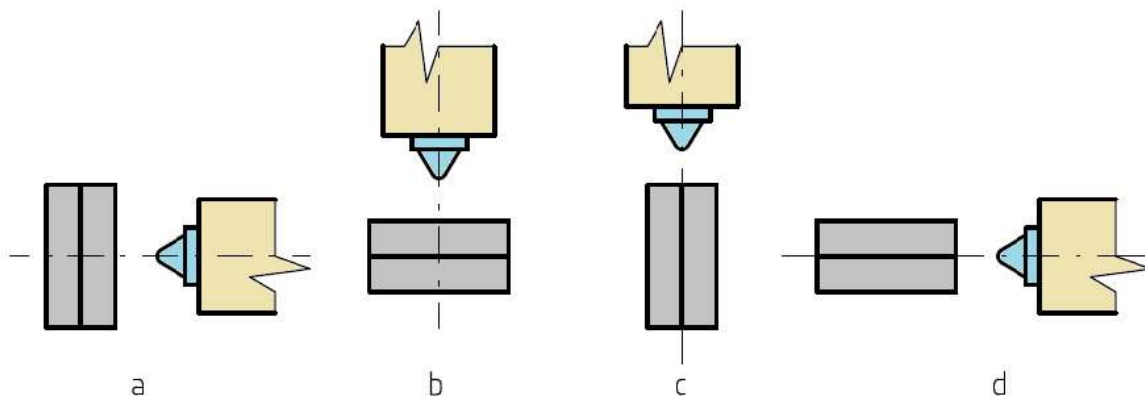
Uzavírací jednotka (obr. 17) slouží k uzavírání a otevírání formy v co možno nejkratším čase. Další funkcí uzavírací jednotky je přidržení uzavřené formy silou větší, než je síla vyvolaná tlakem taveniny na stěny dutiny formy. Z pravidla bývá přidržovací síla větší než síla uzavírací. Hlavní části uzavírací jednotky jsou opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky s upnutou pohyblivou částí formy, upínací desky s otvorem pro trysku a vedení pro pohyblivou desku. Uzavírací jednotky bývají konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulických a mechanických a také elektrické.



Obr. 17 Schéma uzavírací jednotky [19]

V dnešní době se nejvíce využívají hydraulické uzavírací jednotky. Moderní hydraulické uzavírací jednotky poskytují vysoké přidržující síly 1 až 2 MN, při dostatečné pracovní rychlosti. Výhody hydraulických jednotek jsou jednoduché a relativně levné provedení stroje, rychlé a jednoduché upnutí formy, snadné nastavení hloubky otevření formy a možnost programovatelné změny přidržovací síly v průběhu plnění formy. Pro rychloběžné stroje s menší přidržovací silou lze použít kloubové uzávěry, které dosahují velmi vysokých pracovních rychlostí. Nevýhodou kloubových uzávěrů je nutnost nastavit táhla, při uzavření formy tak, aby nebyly v přímce.

Při běžných konstrukcích vstřikovacích strojů, s horizontálním uspořádáním (obr. 18a), je vzájemná poloha vstřikovací a uzavírací jednotky volena tak, aby docházelo k vstřikování kolmo na dělicí rovinu formy. Výhodou tohoto uspořádání je, že výstřik po vyhození z formy vypadne vlastní tíhou. Některé výstřiky je kvůli jejich typu a tvaru vhodnější vstřikovat přímo do dělicí roviny formy. K tomuto účelu se vstřikovací jednotka umísťuje paralelně. Toto uspořádání se nazývá úhlové spořádání uzavírací a vstřikovací jednotky (obr. 18c, d). Využívají se také vertikální uzavírací jednotky (obr. 18b, c). Vertikální uspořádání se používá například u forem, do kterých se vkládají kovové zálisky. Při použití horizontálního uspořádání by hrozilo vypadnutí kovové zálisky a poškození formy.



Obr. 18 Uspořádání vzájemné polohy vstřikovací a uzavírací jednotky [1]

### 3.3 Vstřikovací formy [1],[2],[9],[11]

Ve vstřikovací formě (obr. 19) dochází k chladnutí taveniny, neboli k jejímu přechodu do tuhého skupenství. Tuhnutím ve formě dostává tavenina tvar konečného výstřiku a po vyjmutí z formy se výstřik již ve větší míře dále nedeformuje. Konstrukce vstřikovacích forem je značně náročná. Vstřikovací formy jsou složité zařízení, které musí odolávat vysokým tlakům a namáhání na otěr, vyvážet výstřiky s vysokou rozměrovou přesností a umožnit jejich snadné vyjmutí a v neposlední řadě musí pracovat automaticky.



Obr. 19 Vstřikovací forma [5]

Podle tvaru výstřiku a typu vstřikovacího stroje se formy dělí na formy se vstřikováním kolmo na dělicí rovinu neboli do osy a formy se vstřikováním do dělicí roviny neboli do spáry. Formy se vstřikováním do osy jsou vhodné například pro rotační předměty nebo nádoby. Formy se vstřikováním do spáry jsou vhodné například pro podlouhlé předměty, jako jsou rukojeti nebo hřebeny. Vstřikovací formy se mohou dělit také podle jejich konstrukce. Z tohoto hlediska se rozlišují formy dvoudeskové, třídeskové a případně také formy etážové.

#### 3.3.1 Násobnost vstřikovacích forem [1],[2]

Násobnost formy má zásadní vliv na hospodárnost vstřikovacího cyklu. Pro velké výstřiky a pro výrobu v malých sériích se volí jednonásobné formy. Pro velkosériovou výrobu na dostatečně velkém stroji lze využít vícenásobné formy. Určení násobnosti formy je zpravidla prvním krokem při konstrukci vstřikovacích forem.

Nejdříve se posuzuje násobnost z hlediska doby plnění dodávek. Platí tedy vztah:

$$n_1 = \frac{N \cdot t_c}{t_p \cdot k} \quad [-], \quad (3.1)$$

kde:  $N$  [ks] – celková produkce,  
 $t_c$  [s] – doba cyklu,  
 $t_p$  [s] – doba produkce,  
 $k$  [-] – koeficient využití výrobního času (0,7-0,9).

Dále se násobnost formy posuzuje z hlediska vstřikovací kapacity stroje. Poté platí vztah:

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot M}{A \cdot V} \quad [-], \quad (3.2)$$

kde:  $M$  [cm<sup>3</sup>] – vstřikovací kapacita stroje,  
 $V$  [cm<sup>3</sup>] – objem výstřiku,  
 $A$  [-] – koeficient respektující vtokový zbytek (1-2).

Dalším faktorem omezujícím násobnost formy je plastikační výkon. Poté platí vztah:

$$n_3 = \frac{0,8 \cdot M_p \cdot t_c \cdot 1000}{A \cdot V \cdot \rho \cdot 3600} [-], \quad (3.3)$$

kde:  $M_p$  [ $g \cdot s^{-1}$ ] – plastikační výkon,  
 $t_c$  [s] – doba cyklu,  
 $A$  [-] – koeficient respektující vtokový zbytek (1-2),  
 $V$  [ $cm^3$ ] – objem výstřiku  
 $\rho$  [ $g \cdot cm^3$ ] – hustota.

Posléze je násobnost formy omezena uzavírací silou. Poté platí vztah:

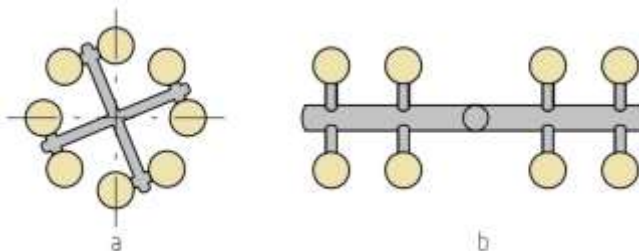
$$n_4 = \frac{0,8 \cdot F_p \cdot 10}{S_{prom} \cdot p_v} [-], \quad (3.4)$$

kde:  $F_p$  [N] – přidržovací síla,  
 $S_{prom}$  [ $mm^2$ ] – plocha průmětu dutin a kanálků do dělicí roviny,  
 $p_v$  [bar] – vstřikovací tlak.

### 3.3.2 Vtoková soustava [1],[2],[9]

Vtoková soustava se dá popsat jako síť kanálků, jejichž rozmístění ovlivňuje správné vyplnění dutiny formy. Konstrukce vtoku taveniny do dutiny formy je také velice důležitá z hlediska snadného odtržení od vylisku, snadného začistění vtoku na výstřiku a celkového vzhledu výstřiku. Při návrhu vtokové soustavy je třeba vycházet z tvaru dutiny formy, a zda bude realizována jako studený nebo horký rozvod. Chybný návrh vtokové soustavy může mít za následek špatné proudění taveniny v dutině formy, tvorbu studených spojů, nerovnoměrnost krystalizace a nehomogenitu materiálu, anizotropii vlastností a rozměrů výstřiku a řadu dalších nežádoucích vlastností. Obecně platí, že vtoková soustava by měla být konstruována tak, aby byla dutina formy vyplněna v co možná nejkratším čase s co nejnižšími teplotními a tlakovými ztrátami.

Základním a nejjednodušším typem vtoku, používaným u jednonásobných, forem je plný neboli kuželový vtok. Tento typ vtoku není vhodný pro tenkostěnné výstřiky, je neekonomický a v místě naproti vtoku se výstřiky často propadají. Nedostatky kuželového vtoku vedly k vývoji nových typů vtoků, jako jsou bodový vtok, deštníkový vtok nebo prstencový vtok. U vícenásobných forem je důležité zajistit, aby všechny dutiny byly plněny současně za stejných technologických podmínek. Umístění tvarových dutin u vícenásobných forem se provádí buď do hvězdy (obr. 20a) nebo v řadě (obr. 20b). Z technologického hlediska je vhodnější uspořádání do hvězdy,



Obr. 20 Umístění dutin u vícenásobných forem [2]

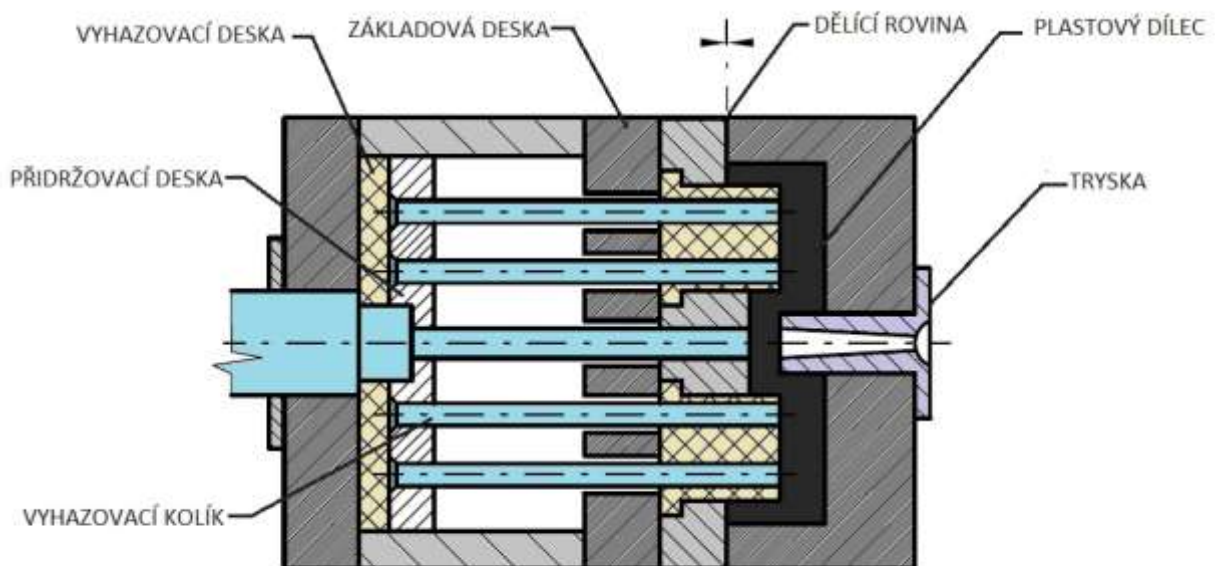
jelikož k plnění dutin dochází ve stejném čase a při stejném tlaku. Při použití uspořádání v řadě je nutno provést korekci průměrů ústí vtoku směrem ke vzdálenějším dutinám.

### 3.3.3 Temperování forem [1],[2],[9]

Při procesu vstřikování je nutno udržovat požadovanou teplotu formy. Tento proces se nazývá temperace formy. Teplota formy ovlivňuje vstřikovací cyklus jak z hlediska technologického, tak také z hlediska ekonomického. Z hlediska technologického má průběh chladnutí taveniny velký význam na stupeň orientace makromolekul a velikost vnitřního pnutí ve výstřiku. Temperování se provádí soustavou kanálků vytvořených v deskách formy, ve kterých protéká chladicí kapalina. Soustava kanálků se nazývá jako temperační systém. Nejčastěji se při temperování forem jako chladicí kapalina používá voda. Temperační systém by měl být navrhován s ohledem na celkové řešení formy, a tak aby rozdíl teplot temperační kapaliny na vstupu a výstupu byl maximálně 5°C.

### 3.3.4 Vyhazování výstřiků z formy [1],[2],[9]

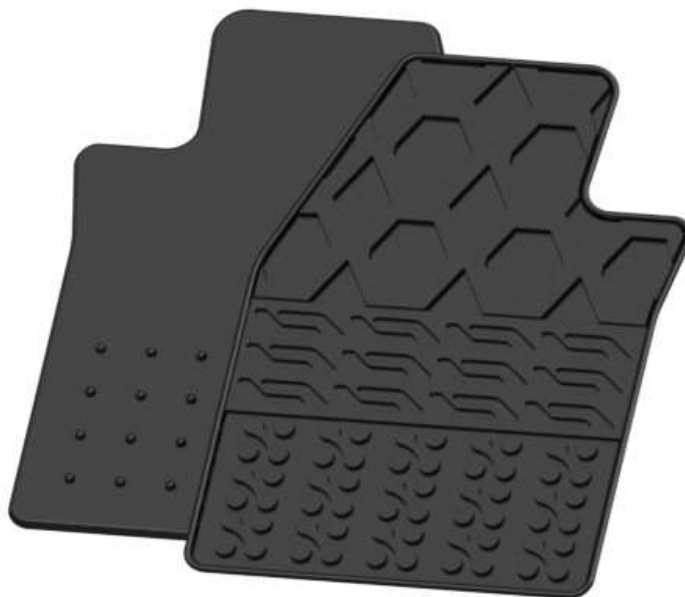
Při ochlazování výstřiku dochází k jeho smršťování a ulpívání na stěnách formy a tvarových součástech formy. Proto se velmi často používají různé typy vyhazovačů pro vyhození výstřiku z dutiny formy. Pro vyhazování masivních a tlustostěnných výstřiků, lze použít vyhazovací kolíky (obr. 21). U tenkostěnných výstřiků by hrozilo protržení stěny od kolíku, proto se vyhazování u těchto výstřiků provádí pomocí stírací desky nebo stíracího kroužku. Vyhazování hlubokých výstřiků, lze dobře provádět pomocí stlačeného vzduchu. Často také dochází ke kombinaci jednotlivých způsobů vyhazování.



Obr. 21 Vyhazovací systém s využitím vyhazovacích kolíků [2]

## 4 NÁVRH VÝROBY AUTOKOBERCE

Návrh výroby autokoberce (obr. 22) spočívá ve výběru vhodného typu termoplastického elastomeru, rámcovém návrhu vstřikovací formy, volbě vstřikovacího stroje a stanovení technologického postupu vstřikování. Autokoberec musí mít stejný tvar a rozměry jako autokoberec vyráběný lisováním pryže. U autokoberce vyráběného z termoplastického elastomeru musí být možno v průběhu výroby měnit barvu dle přání zákazníka. Výroba zvoleného typu autokoberce bude probíhat v sérii 42 000 ks/rok. Základní rozměry a profil autokoberce jsou znázorněny na výkresu součásti vloženém jako příloha.



Obr. 22 Model autokoberce

### 4.1 Volba materiálu [12]

Pro výrobu autokoberců vstřikováním jsou velmi vhodné TPE materiály. Tyto materiály jsou svými vlastnostmi velmi podobné pryžím, a proto se jejich použití přímo nabízí. Pro výrobu autokoberců se často využívají tyto materiály: OnFlex™, Ensoft™ SX, Ensoft™ SO, THERMOPLAST K, Dryflex™ a Elaston™ RD.

Pro následující řešení byl vybrán materiál OnFlex™ S EH 60A-3S7003 od společnosti PolyOne. Tento termoplastický elastomer je založen na blokových styrenových kopolymerech a je navrhnut přímo pro užití v automobilovém průmyslu. Je koncipován tak, aby nabídl skvělý poměr cena/výkon. Nabízí dobré mechanické vlastnosti, dobrou zpracovatelnost, široké pásmo rozsahu pracovních teplot a je dobře barvitelný. Základní parametry tohoto materiálu jsou zobrazeny v tabulce 3 a podrobnější informace jsou k dispozici v katalogovém listu materiálu (příloha 2).

Tab. 3 Vybrané vlastnosti materiálu [12]

OnFlex™ S EH 60A-3S7003	
Hustota	1,20 g·cm <sup>-3</sup>
Tvrдость (Shore A)	60
Pevnost v tahu (přetržení)	5,00 MPa
Roztržení	25 kN·m <sup>-1</sup>
Emise zkondenzovaných zbytkových látek	1,3 mg
Hodnocení zápachu	3
Vstřikovací teplota	180 až 220 °C
Teplota nástroje	30 až 60 °C
Sušení materiálu	40 až 60 °C po dobu 2 hodin

V praxi je nutné při výběru zohlednit i požadavky zákazníků. Může se stát, že vybraný ideální materiál nebude schválen zákazníkem. Proto se musí volit takový materiál, který zákazník schválil, i když nebude dosahovat zcela ideálních vlastností.

## 4.2 Výpočet technologických parametrů [6], [7]

### Objem výstřiku:

Objem výstřiku byl zjištěn pomocí softwaru Autodesk Inventor Professional 2014.

$$V = 1326,89 \text{ cm}^3.$$

### Hmotnost výstřiku:

$$G = V \cdot \rho \text{ [g]}, \tag{4.1}$$

kde:  $\rho$  [g·cm<sup>-3</sup>] – hustota materiálu.

$$G = 1326,89 \cdot 1,20 = 1592,27 \text{ g}.$$

### Velikost dávky taveniny:

$$V_D = \frac{G}{K_a} \text{ [cm}^3\text{]}, \tag{4.2}$$

kde:  $K_a$  [g·cm<sup>-3</sup>] – faktor navýšení objemu taveniny,

$$V_D = \frac{1592,27}{0,77} = 2067,88 \text{ cm}^3.$$

### Minimální vstřikovací tlak:

$$p_f = 3 \cdot K_f \cdot f_c \cdot s^{-1,6} = [\text{bar}], \quad (4.3)$$

kde:  $s$  [mm] – tloušťka stěny dílce,

$f_c$  [mm] – celková dráha toku taveniny stěnou plastového dílce,

$K_f$  [bar·mm<sup>-1</sup>] – faktor schopnosti tečení materiálu.

$$p_f = 3 \cdot 1,6 \cdot 215 \cdot 3^{-1,6} = 177,94 \text{ bar.}$$

### Doporučený vstřikovací tlak:

Doporučený vstřikovací tlak byl zvolen podle následujícího pravidla a možností stroje.

$$p_v > p_f,$$

$$p_v = 200 \text{ bar.}$$

### Plocha průmětu tvarové dutiny do dělicí roviny:

Plocha průmětu tvarové dutiny do dělicí roviny byla zjištěna pomocí softwaru Autodesk Inventor Professional 2014.

$$S_{\text{prom}} = 2096,98 \text{ cm}^2.$$

### Uzavírací síla:

$$F_u = S_{\text{prom}} \cdot \frac{p_A + 100}{100} = [\text{kN}], \quad (4.4)$$

kde:  $p_A$  [bar] – tvářecí tlak,

$$F_u = 2096,98 \cdot \frac{200 + 100}{100} = 6290,94 \text{ kN.}$$

### Přidržovací síla:

$$F_p = F_u \cdot 1,1 = [\text{kN}], \quad (4.5)$$

$$F_p = 6290,94 \cdot 1,1 = 6920 \text{ kN.}$$

### Optimální průměr šneku:

Optimální průměr šneku byl zvolen podle následujícího vztahu a parametrů stroje.

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{V_D} < D < 10,5 \cdot \sqrt[3]{V_D}, \quad (4.6)$$

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{2067,88} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{2067,88},$$

$$95,55 < D < 133,77$$

$$D = 120\text{mm}.$$

### Násobnost formy:

Posouzení násobnosti z hlediska plnění poptávek.

$$n_1 = \frac{N \cdot t_c}{t_p \cdot k} = \frac{42000 \cdot 64}{21775800 \cdot 0,9} = 0,1 \Rightarrow 1.$$

Posouzení násobnosti z hlediska vstřikovací kapacity.

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot M}{A \cdot V} = \frac{0,8 \cdot 7010}{1,5 \cdot 1326,89} = 2,81 \Rightarrow 2.$$

Posouzení násobnosti z hlediska plastikačního výkonu.

$$n_3 = \frac{0,8 \cdot M_p \cdot t_c \cdot 1000}{A \cdot V \cdot \rho \cdot 3600} = \frac{0,8 \cdot 121 \cdot 64 \cdot 1000}{1,5 \cdot 1326,89 \cdot 1,20 \cdot 3600} = 2,5 \Rightarrow 2.$$

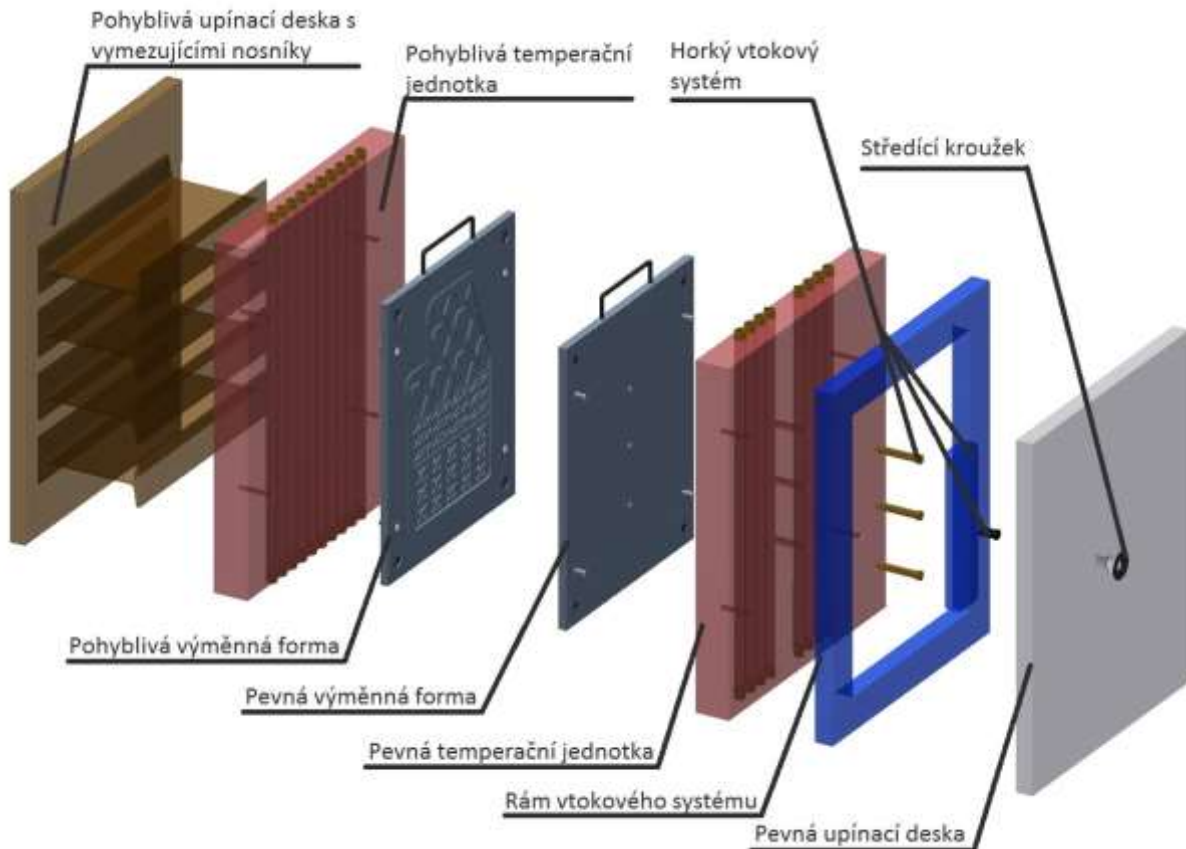
Posouzení násobnosti z hlediska uzavírací síly.

$$n_4 = \frac{0,8 \cdot F_p \cdot 10}{S_{\text{prom}} \cdot p_v} = \frac{0,8 \cdot 6920000 \cdot 10}{209698 \cdot 200} = 1,32 \Rightarrow 1.$$

Z hlediska vstřikovací kapacity a plastikačního výkonu vstřikovacího stroje, by bylo možné zvolit formu jako dvojnásobnou. Ovšem z hlediska uzavírací síly by dvojnásobná forma neprošla. Proto musí být volena jako jednonásobná. Z hlediska plnění poptávek se zadaná série stihne vyrobit. Dokonce bude stačit pouze desetina doby k dodání celé série, což je přibližně jeden měsíc.

### 4.3 Ideový návrh univerzálního rámu formy

K výrobě autokoberců metodou vstřikování termoplastických elastomerů, je vhodné použít tzv. univerzální rám vstřikovací formy (obr. 23). Ten se skládá z univerzálního temperačního systému, horké vtokové soustavy, upínacích desek a výměnné formy. Toto řešení je vhodné právě pro výrobu součástí jako jsou autokoberce, jelikož je třeba vyrábět velké množství různých, ale rozměrově velmi podobných typů výrobků v nepříliš velkých sériích. Výroba kompletní formy pro každý typ autokoberce by byla v porovnání s výrobou pouze výměnné formy podstatně finančně nákladnější, proto je vhodné měnit pouze výměnou část a ostatní náležitosti formy ponechat jako univerzální.



Obr. 23 Univerzální rám vstřikovací formy-rozložený 3D model

Podle výpočtu násobnosti z hlediska uzavírací síly (3.4), je forma zvolena jako jednonásobná. Další kritérium omezující násobnost formy je velikost upínací desky vstřikovacího stroje, konkrétně plocha mezi sloupky. Tyto dvě omezení by se daly obejít volbou většího vstřikovacího stroje. Poté by se dalo uvažovat například o vstřikování levého a pravého autokoberce současně, jelikož zákazníkovi se průběžně zasílají celé sady a nemuselo by docházet k častým výměnám výměnné formy. Toto řešení je ovšem velice komplikované z hlediska nastavení sevření pohyblivé a pevné části výměnné formy. U každé z forem by byla hodnota sevření jiná, což by se v praxi nedalo zajistit. I z tohoto důvodu je forma zvolena jako jednonásobná.

Největší rozměry univerzálního rámu formy jsou 800 x 1000 x 700 mm. Rozměry jsou zvoleny tak, aby bylo možno univerzální rám formy upevnit na upínací desku vstřikovacího stroje. Výška formy musela být zvětšena pomocí nosníků tak, aby byla dosažena minimální požadovaná výška formy pro zvolený vstřikovací stroj.

Jednou z hlavních částí univerzálního rámu formy je výměnná forma, do které je vstřikován roztavený materiál. Materiál, ze kterého se výměnná forma vyrábí, je ocel třídy 19. Tento typ oceli je zvolen z důvodu dobré odolnosti proti adhezivnímu tření, které vzniká při vstřikování materiálu do dutiny formy. Výměnná forma je tvořena pohyblivou a nepohyblivou částí, jejichž sevřením se spojí dutina formy, udávající tvar výstřiku. Rozdělení dutiny formy udává dělicí rovina. Ta je zvolena tak, aby nezasahovala do pohledových částí výstřiku, tudíž je umístěna ze spodní části autokoberce (obr. 24). Vstřikování se provádí do pevné části výměnné formy, aby pohledová část autokoberce neobsahovala stopy po ústí vtoku materiálu. Objem dutiny formy je o 12% větší oproti objemu výrobku, a to z důvodu smrštění výstřiku po ztuhnutí. Přesné dosednutí pevné a pohyblivé části výměnné formy je zajištěno pomocí kluzných pouzder v pohyblivé části a vodících kolíků v pevné části. Nesprávné dosednutí obou částí povede k tvorbě zmetků a může dojít až ke zničení obou částí výměnné formy. Jednotlivé části výměnné formy se upínají pomocí šroubů k temperační jednotce tak, aby styčné plochy mezi temperační jednotkou a výměnou formou k sobě co možná nejlépe dosedaly.



Obr. 24 Umístění dělicí roviny

Temperační jednotka je stálou součástí univerzálního rámu formy. Je tvořena pohyblivou a pevnou částí, přičemž každá část obsahuje temperační systém. Ten je svým tvarem navrhnut tak, aby dokázal udržet rovnoměrnou teplotu u velkého množství různých výměnných forem. Temperační systém je tvořen soustavou kanálků uvnitř temperační jednotky (Obr. 25). Kanálky jsou na obou koncích opatřeny rychlospojkami, které umožňují snadné připojení hadic tvořící okruh s chladicí kapalinou. Tou je voda, jelikož požadovaná teplota formy je 40°C a tudíž nebude docházet k varu. Udržení požadované teploty formy má velký vliv na kvalitu povrchu výstřiku. Pokud bude mít nižší než požadovanou teplotu, bude docházet ke tvorbě viditelných fleků, způsobených brzkým tuhnutím vstřikované taveniny (příloha 3). Z hlediska zajištění

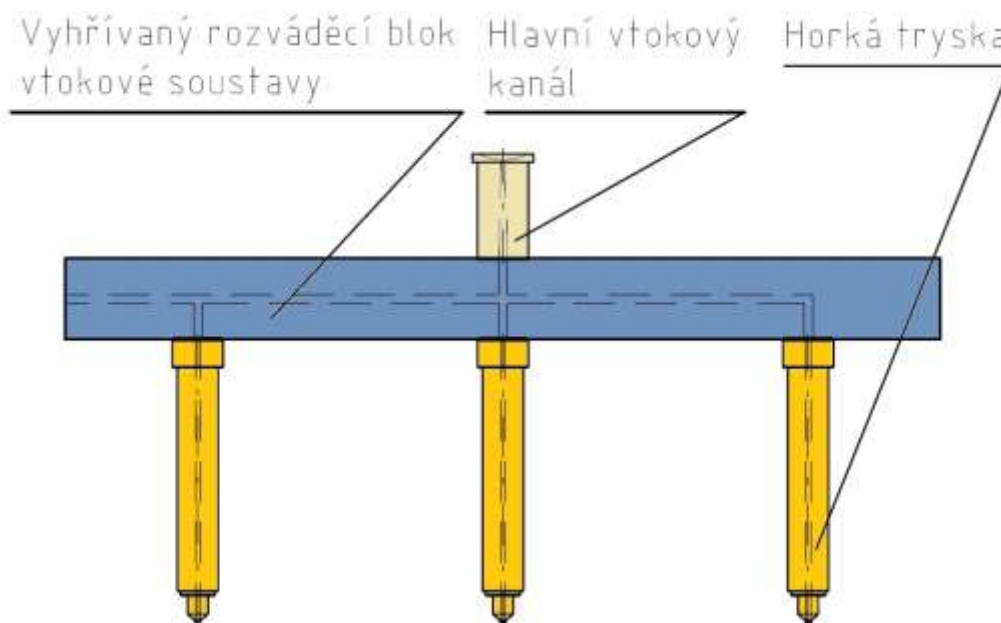


Obr. 25 Poloha temperačního systému vůči výstřiku

v dutině formy

maximální efektivnosti temperační ho systému je nutné, aby kontakt mezi temperační jednotkou a vyměnitelnou formou byl co možná nejtěsnější. Čím větší bude mezera mezi těmito dvěma díly, tím bude výměna tepla méně efektivní.

Spojení mezi tryskou vstřikovacího stroje a dutinou formy zajišťuje vtokový systém. Pro konkrétní řešení byl zvolen horký vtokový systém s tříbodovým vstřikováním do dutiny formy (obr. 26). Tříbodové vstřikování sníží vstřikovací čas a zlepší vizuální kvalitu výstřiku. Nevýhodou tohoto řešení je složitější prvotní nastavení a optimalizování tohoto vstřikovacího systému. Použitím horkého vtokového systému se sníží ulpívání ztuhlého materiálu uvnitř vtoku, což má pozitivní vliv na spotřebu materiálu a také nedojde k tak velkému ochlazení materiálu jako při použití studeného vtokového systému. Předpokládá se, že horký vtokový systém bude zakoupen dle požadovaných parametrů u některé z firem zabývajících se jejich výrobou, například Incoe.



Obr. 26 Horký vtokový systém

Vyjmutí výstřiku z dutiny formy bude prováděno ručně pracovníkem obsluhující stroj. Kvůli snížení délky vstřikovacího cyklu budou výstřiky vyjímány předčasně z formy a ukládány k dochlazení do regálů. Při vyjmutí z dutiny formy nebude výstřik ještě zcela dokonale ztuhnutý, a proto by při použití vyhazovače hrozilo protržení výstřiku. Do budoucna by mohl být k lince zakoupen robotický manipulátor, který by prováděl úkon vyjmutí výstřiku z formy a jeho uložení k dochlazení. Tímto manipulátorem by se zvýšila produktivita výroby, což by se kladně promítlo do ekonomického hodnocení.

Při konstrukci univerzálního rámu vstřikovací formy bude vhodné využít co nejvíce normalizovaných dílů pro vstřikovací formy. Tyto díly vyrábí například firma Hasco nebo Meusburger a jejich využití povede ke snížení výsledné ceny univerzálního rámu vstřikovací formy.

#### 4.4 Volba vstřikovacího stroje [13], [14]

Pro výrobu autokoberců byl zvolen vstřikovací stroj *Duo 16050/1300 Advanced* (obr. 27) od rakouského výrobce vstřikovacích strojů *ENGEL*. Volba stroje proběhla na základě vypočtených technologických parametrů. Nejdůležitějšími parametry při volbě stroje byly: velikost přidržovací síly, průměr šneku a světlost mezi sloupky. Zvolený typ stroje splňuje požadované parametry s velkou rezervou. Parametry zvoleného stroje jsou uvedeny v tabulce 4. Tato volba však byla záměrná, protože se předpokládá výroba i jiných typů autokoberců, mnohdy i větších, na tomto stroji. Do budoucna musí být možná i výroba takzvaných „3D autokoberců“ (příloha 4), které mají formu s mnohem větší výškou a i tyto autokoberce musí být možno vyrábět na zvoleném stroji.



Obr. 27 Vstřikovací stroj ENGEL Duo 16050/1300 Advanced [13]

Zvolený vstřikovací stroj *Duo 16050/1300 Advanced* je univerzální hydraulický stroj s dvěma válci, přímým pohonem šneku a možností široké individualizace pomocí periferních zařízení. Nabízí možnost hydraulicky přestavitelného specifického vstřikovacího tlaku.

Tab. 4 Základní technické parametry stroje ENGEL Duo 16050/1300 Advanced [13]

Technické parametry	Hodnoty
<b>Vstřikovací jednotka</b>	
Průměr šneku	120 mm
Maximální vstřikovaný objem	7010 cm <sup>3</sup>
Délka šneku L/D	22
Maximální vstřikovací tlak	2300 bar
Plastifikační výkon šneku	121 g·sec <sup>-1</sup>
Vstřikované množství	985 cm <sup>3</sup> ·sec <sup>-1</sup>
<b>Uzavírací jednotka</b>	
Uzavírací síla	13000 kN
Světlost mezi sloupky	1530 x 1275 mm
Rozměry upínací desky	2200 x 1990 mm
Minimální – maximální výška formy	700 – 1400 mm
Otevření stroje	2350 mm

## 4.5 Technologický postup

Technologický postup stanovený pro výrobu autokoberce metodou vstřikování TPE je zobrazen v tabulce 5. Hodnoty k seřízení stroje jsou uvedeny v seřizovacím listu (tab. 6).

Tab. 5 Výrobní postup

<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>			Součást:	Autokoberec	Materiál:	S EH 60A-3S7003
Poř. č.:	Dílna:	Popis operace:				
1	Skład	Příjem materiálu na sklad				
2	Skład	Vstupní kontrola materiálu				
3	-	Transport materiálu do výroby				
4	Lisovna	Sušení materiálu – Jen v případě zvýšené vlhkosti materiálu				
5	Lisovna	Seřízení stroje (viz seřizovací list)				
6	Lisovna	Zahájení lisování				
7	Lisovna	Kontrola při zahájení lisování – V případě tvorby zmetků kontrola stroje				
8	Lisovna	Spuštění sériové výroby				
9	Lisovna	Průběžná kontrola při lisování – Případné vyřazení zmetků				
10	Lisovna	Po vyjmutí výstřiku z formy uložit na vyhrazené místo a nechat zchladnout				
11	Lisovna	Kontrola rozměrů zchladlého výstřiku				
12	Lisovna	Uložení výstřiku do balící jednotky				
13	Lisovna	Mezioperační kontrola				
14	Lisovna	Balení a značení				
15	Lisovna	Výstupní kontrola – Kontrola vzhledu a správnosti značení				
16	-	Transport do střediska technické kontroly				
17	OTK	Kompletní periodické zkoušky na vybraných výrobcích – Četnost 5%				
18	-	Transport do expedičního skladu				
19	Skład	Skladování výrobků v expedičním skladu				
20	Skład	Kontrola při expedici				
21	-	Doprava k zákazníkovi				

Tab. 6 Seřizovací list

<b>SEŘIZOVACÍ LIST</b>		Součást :	Autokobere c	Materiál:	S EH 60A- 3S7003
Stroj:	ENGEL Duo 16050/1300 Advanced		Hmotnost výstřiku:	1592,27 g	
Technické informace:			Teploty válce:		
Přidržovací síla:	6920 N		Tryska:	230°C	
Průměr trysky:	5 mm		Pásmo 1:	230°C	
Rádus trysky:	14 mm		Pásmo 2:	215°C	
Teplota sušení mat.:	55°C		Pásmo 3:	205°C	
Doba sušení mat.:	2 hod.		Pásmo 4:	185°C	
Dávkování:			Vstřikování:		
Rychlost:	90%		Vstřikovací tlak:	200 bar	
Odpor:	10 bar		Rychlost vstřikování:	30-70%	
			Vstřikovaná dávka:	2067,88 cm <sup>3</sup>	
Dotlak:			Další údaje:		
Tlak:	100 bar		Teplota formy:	40°C	
Rychlost:	10-20%		Temparační medium	Voda	

## 5 TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [20]

Strojní náklady na provoz stroje:

$$M_S = \frac{P_S \cdot C_E}{K_S} = [\text{Kč} \cdot \text{hod}^{-1}], \quad (5.1)$$

kde:  $P_S$  [kW] – příkon stroje,  
 $C_E$  [Kč·kWh<sup>-1</sup>] – cena elektrické energie,  
 $K_S$  [-] – koeficient opotřebení stroje,

- Vstřikování TPE:

$$M_{S1} = \frac{142 \cdot 3,3}{0,8} = 585 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1},$$

- Lisování pryže:

$$M_{S2} = \frac{162 \cdot 3,3}{0,8} = 668 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1}.$$

Strojní čas stroje:

$$T_S = \frac{t_C \cdot N}{n \cdot 3600} = [\text{hod}], \quad (5.2)$$

kde:  $t_C$  [s] – čas jednoho cyklu,  
 $N$  [ks] – velikost výrobní série,  
 $n$  [-] – násobnost formy,

- Vstřikování TPE:

$$T_{S1} = \frac{62 \cdot 42000}{1 \cdot 3600} = 723 \text{ hod},$$

- Lisování pryže:

$$T_{S2} = \frac{390 \cdot 42000}{4 \cdot 3600} = 1137,5 \text{ hod}.$$

Náklady na celou sérii:

$$K_D = C_M \cdot m_d \cdot N = [\text{Kč}] \quad (5.3)$$

kde:  $C_M$  [Kč·kg] – cena materiálu,  
 $m_d$  [kg] – hmotnost dílce,

- Vstřikování TPE:

$$K_{D1} = 57,2 \cdot 1,59 \cdot 42000 = 3825269 \text{ Kč}$$

- Lisování pryže:

$$K_{D2} = 35 \cdot 1,99 \cdot 42000 = 2925300 \text{ Kč}$$

### Náklady na formu:

Vstřikování TPE:

$$W_{F1} = W_{TDF} + W_{HVS} + W_{ZF} = [\text{Kč}] \quad (5.4.1)$$

kde:  $W_{TDF}$  [Kč] – cena vyměnitelné tvarové dutiny formy ,  
 $W_{HVS}$  [Kč] – cena horké vtokové soustavy,  
 $W_{ZF}$  [Kč] – cena ostatních součástí formy,

$$W_{F1} = 250000 + 560000 + 200000 = 1010000\text{Kč}$$

Lisování pryže:

$$W_{F2} = (W_{HF} + W_{DF}) \cdot n_E = [\text{Kč}] \quad (5.4.2)$$

kde:  $W_{HF}$  [Kč] – cena horní části formy ,  
 $W_{DF}$  [Kč] – cena dolní části formy,  
 $n_E$  [ks] – počet etáží lisu,

$$W_{F2} = (70000 + 70000) \cdot 2 = 280000\text{Kč}$$

### Obecné, společné a režijní náklady:

$$N_R = 10000\text{Kč.}$$

### Náklady na ostřih přetoků:

- Vstřikování TPE:

$$N_{D1} = 0 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1},$$

- Lisování pryže:

$$N_{D2} = 2 \text{ Kč} \cdot \text{ks}^{-1}.$$

Odpisy z pořizovacích nákladů stroje:

$$N_{OSR} = \frac{N_S}{T_{ZS}} = [\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}], \quad (5.5)$$

kde:  $N_S$  [Kč] – pořizovací náklady stroje,  
 $T_{ZS}$  [rok] – předpokládaná životnost stroje,

- Vstřikování TPE:

$$N_{OSR1} = \frac{15340000}{10} = 1534000 \text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1},$$

- Lisování pryže:

$$N_{OSR2} = \frac{4800000}{10} = 480000 \text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}.$$

Doba výroby celé série:

$$T_P = \frac{N \cdot t_c \cdot K_Z}{n \cdot K_{\check{c}}} = [\text{hod}], \quad (5.6)$$

kde:  $K_Z$  [-] – koeficient zmetkovitosti,  
 $K_{\check{c}}$  [-] – koeficient využití času,

- Vstřikování TPE:

$$T_{P1} = \frac{42000 \cdot 62 \cdot 1,01}{1 \cdot 0,85 \cdot 3600} = 859,49 \text{hod},$$

- Lisování pryže:

$$T_{P2} = \frac{42000 \cdot 390 \cdot 1,01}{4 \cdot 0,85 \cdot 3600} = 1351,62 \text{hod}.$$

Odpisy z pořizovacích nákladů stroje po dobu výroby celé série:

$$N_{OS} = \frac{N_{OSR} \cdot T_P}{8760} = [\text{Kč}], \quad (5.7)$$

- Vstřikování TPE:

$$N_{OS1} = \frac{1534000 \cdot 859,49}{8760} = 150508 \text{Kč},$$

- Lisování pryže:

$$N_{OS2} = \frac{480000 \cdot 935,74}{8760} = 74061 \text{Kč}.$$

Vlastní náklady na jeden dílec:

$$S = \frac{M_S \cdot T_S + K_D + W_F + N_R + N_{OS} + N_D}{N} = [\text{Kč}], \quad (5.8)$$

- Vstřikování TPE:

$$S_1 = \frac{585 \cdot 723 + 3825269 + 1010000 + 10000 + 150508}{42000} + 0 = 129,1 \text{Kč},$$

- Lisování pryže:

$$S_2 = \frac{668 \cdot 1137,5 + 2925300 + 140000 + 10000 + 74061}{42000} + 2 = 99,8 \text{Kč}.$$

Počet kusů vyrobených za rok:

$$N_R = \frac{T_D \cdot T_{SD} \cdot 28800 \cdot n}{t_C} = [\text{Ks} \cdot \text{rok}^{-1}], \quad (5.9)$$

kde:  $T_D$  [den] – počet pracovních dní v roce,  
 $T_{SD}$  [-] – počet směn v jednom pracovním dni,

- Vstřikování TPE:

$$N_{R1} = \frac{252 \cdot 3 \cdot 28800 \cdot 1}{62} = 351174 \text{Ks} \cdot \text{rok}^{-1},$$

- Lisování pryže:

$$N_{R2} = \frac{252 \cdot 3 \cdot 28800 \cdot 4}{390} = 223310 \text{Ks} \cdot \text{rok}^{-1}.$$

Roční zisk:

$$Z_R = N_R \cdot (S_P - S) = [\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}], \quad (5.10)$$

kde:  $S_P$  [Kč] – předpokládaná prodejní cena výrobku,

- Vstřikování TPE:

$$Z_{R1} = 351174 \cdot (200 - 129,1) = 24898236 \text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1},$$

- Lisování pryže:

$$Z_{R2} = 223310 \cdot (200 - 99,8) = 22375662 \text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1},$$

## 6 ZÁVĚR

Autokoberec slouží jako ochrana interiéru automobilů před vodou a nečistotami. V současné době je vyráběn z pryže technologií lisování na dvouetážovém lisu. Velikost výrobní série zvoleného typu je 42 000 kusů ročně. Po uvážení možných technologií vhodných pro výrobu dané součásti bylo rozhodnuto, že optimální výrobní technologií bude vstřikování termoplastických elastomerů. Toto rozhodnutí bylo podníceno požadavky zákazníků na nižší hmotnost, širokou barevnou škálu autokoberce a také možnost snadné recyklace.

Pro výrobu autokoberce byl zvolen materiál OnFlex™ S EH 60A-3S7003 od společnosti PolyOne. Tento materiál je termoplastický elastomer založený na blokových styrenových kopolymerech. Mechanické vlastnosti toho materiálu jsou podobné pryži a byl navrhnut přímo pro použití v automobilním průmyslu. Na základě stanovených technologických parametrů byl zvolen vstřikovací stroj Duo 16050/1300 Advanced od rakouské společnosti Engel. Stroj byl zvolen s dostatečnou výkonovou rezervou, aby bylo možné vyrábět i jiné typy autokoberců na tomto stroji.

Vstřikovací forma byla navržena jako forma s univerzálním rámem bez vyhazovače. Tento typ formy byl vybrán z důvodu potřeby velkého množství forem při výrobě autokoberců. U každého typu automobilu jsou vyžadovány čtyři formy. Dvě pro přední a dvě pro zadní autokoberce. Použití univerzálního rámu formy povede ke snížení nákladů, jelikož nebude třeba pro každý autokoberec navrhovat nákladnou vstřikovací formu se všemi náležitostmi.

Z technicko-ekonomického zhodnocení vyplývá, že při zavedení nové technologie a výrobě pouze 42 000 se nová technologie nevyplatí, jelikož je tato výrobní série příliš malá. Ovšem je třeba mít na paměti, že bude nepřetržitě probíhat výroba i jiných typů autokoberců. Ve srovnání roční produkce metody lisování pryže a metody vstřikování termoplastických elastomerů je nová technologie výhodnější. Díky větší roční produkci, přinese nová technologie přibližně o 2 500 000 Kč větší zisk. Reálně bude tento zisk daleko větší, jelikož se výrobní náklady sníží díky recyklaci vtokových zbytků a zmetkových výstřiků. Další značné snížení výrobních přinese univerzální rám formy, jelikož náklady na formy ostatních typů autokoberců budou zahrnovat pouze výměnou formu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY [22]

1. ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER, Antotnín KUTA. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 637 s. ISBN DT 678.5(075.8).
2. TOMIS, František, Jiří KAŇOVSKÝ a Josef HELŠTÝN. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985, 374 s. ISBN 414-33580.
3. PECINA, Pavel a Josef PECINA. *Materiály a technologie - plasty*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2006, 54 s. ISBN 80-210-4100-5.
4. HANULÍK, Radomil. *Speciální technologie - zhotovování pryžových polotovarů a výrobků: učebnice pro třetí ročník oboru Zpracování usní, plastů a pryže zpracovatelské technologie*. 2., upr. a dopl. vyd. Zlín: Impromat Int., 2009, 276 s. ISBN 978-80-254-5677-4.
5. ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2009, 246 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
6. KANDUS, Bohumil, *Postup při stanovení technologických dat (parametrů) pro technologii vstřikování plastů: Podklady pro cvičení*. 2014.
7. KANDUS, Bohumil, *Postup při stanovení násobnosti vstřikovací formy a určení vstřikovacího stroje: Podklady pro cvičení*. 2014.
8. KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. Praha: STNL, 1986. ISBN L13-B3-IV-31f/22880
9. LENFELD, Petr. *Technologie II* [online]. Technická univerzita Liberec, 2008 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/obsah\\_plasty.html](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.html)
10. DUCHÁČEK, Vratislav. *Termoplastické elastomery - Moderní polymerní materiály*. Chemické-listy [online]. 1997, roč. 23, č. 91 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997\\_01\\_23-29.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_01_23-29.pdf)
11. Vstřikování. *UTB* [online]. 2005 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.utb.cz/file/36175\\_1\\_1/download/](http://www.utb.cz/file/36175_1_1/download/)
12. *IDES* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.ides.com/>
13. Engel. *Vstřikovací stroje*. Katalog. Rakousko, 2014.
14. Engel automotive. *Engel* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.engelglobal.com/fileadmin/master/Downloads/Broschueren/ENGEL\\_auto motive\\_en.pdf](http://www.engelglobal.com/fileadmin/master/Downloads/Broschueren/ENGEL_auto motive_en.pdf)
15. Plastové stavebnice. *Legacek.cz* [online]. 2004 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://www.legacek.cz/img/historie/obrazek8.jpg>

16. Podložka R65-T3. *Guzu.cz* [online]. 2009 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://www.guzu.cz/index.php?view=technicka-pryz-plasty-a-tpe&display=vlastni-vyrobky&lang=cz>
17. RISHIKES PREMIUM. *Yogiway* [online]. 2014 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://yogiway.cz/podlozky-na-jogu/169-podlozka-na-jogu-rishikesh-premium-oranzova.html>
18. Plastové bytové doplňky. *Zivotnistryl.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://www.zivotnistryl.cz/clanky/bydleni/1436/plastove-bytove-doplanky.html>
19. DEMAG PLASTIC GROUP. *Injection compression moulding*. Velká Británie, 2006.
20. *Independent Plastic, Inc.* [online]. 2011 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.independentplastic.com>.
21. Plastic injection moulders. *Run plastic limited* [online]. 2012 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.rutlandplastics.co.uk/images/moulding%20machine%20lg.jpg>
22. *Citace PRO* [online]. 2012 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Koeficient respektující vtokový zbytek	[-]
$C_E$	Cena elektrické energie	[Kč·kWh <sup>-1</sup> ]
$C_M$	Cena materiálu	[Kč·kg <sup>-1</sup> ]
D	Průměr šneku	[mm]
EPDM	Ethylen-propylen-dien	[-]
$f_c$	Celková dráha toku taveniny	[mm]
$F_p$	Přidržovací síla	[N]
$F_u$	Uzavírací síla	[N]
G	Hmotnost výstřiku	[g]
k	Koeficient využití výrobního času	[-]
$K_a$	Faktor navýšení objemu taveniny	[g·cm <sup>3</sup> ]
$K_{\check{C}}$	Koeficient využití času	[-]
$K_f$	Faktor schopnosti tečení materiálu	[bar·mm <sup>-1</sup> ]
$K_S$	Koeficient opotřebení stroje	[-]
$K_D$	Náklady na celou sérii	[Kč]
$K_Z$	Koeficient zmetkovitosti	[-]
M	Vstřikovací kapacita stroje	[cm <sup>3</sup> ]
$M_D$	Plastikační výkon	[g·s <sup>-1</sup> ]
$m_d$	Hmotnost dílce	[kg]
$M_S$	Strojní náklady na provoz stroje	[Kč·hod <sup>-1</sup> ]
N	Celková produkce	[ks]
n	Násobnost formy	[-]
NBR	Nitril-butadien	[-]
$N_D$	Náklady na ostříh přetoků	[Kč·ks <sup>-1</sup> ]
$n_E$	Počet etáží lisu	[ks]
$N_{OR}$	Obecné, společné a režijní náklady	[Kč]
$N_{OS}$	Odpisy z pořizovacích nákladů stroje po dobu výroby série	[Kč]
$N_{OSR}$	Odpisy z pořizovacích nákladů stroje	[Kč·rok <sup>-1</sup> ]
NR	Přírodní kaučuk	[-]
$N_R$	Počet kusů vyrobených za rok	[ks·rok <sup>-1</sup> ]
$N_S$	Pořizovací náklady stroje	[Kč]
$p_v$	Vstřikovací tlak	[bar]
$p_f$	Minimální vstřikovací tlak	[bar]
$P_S$	Příkon stroje	[kW]
S	Náklady na jeden dílec	[Kč]
s	Tloušťka stěny dílce	[mm]
SBR	Styren-butadien	[-]
$S_P$	Předpokládaná prodejní cena výrobku	[Kč]
$S_{prom}$	Plocha průmětu dutin a kanálek do dělicí roviny	[mm <sup>2</sup> ]
$t_c$	Doba cyklu	[s]
$T_D$	Počet pracovních dní v roce	[den]
$t_p$	Doba produkce	[s]
$T_S$	Strojní čas	[hod]
$T_{SD}$	Počet směn v jednom pracovním dni	[-]
$T_P$	Doba výroby série	[hod]
TPA	Termoplastický polyamidový elastomer	[-]
TPE	Termoplastický elastomer	[-]

TPO	Termoplastický olefinový elastomer	[-]
TPS	Termoplastický styrenový elastomer	[-]
TPU	Termoplastický uretanový elastomer	[-]
T <sub>žs</sub>	Předpokládaná životnost stroje	[rok]
V	Objem výstřiku	[cm <sup>3</sup> ]
V <sub>D</sub>	Velikost dávky taveniny	[cm <sup>3</sup> ]
W <sub>F</sub>	Náklady na formu	[Kč]
W <sub>TDF</sub>	Cena vyměnitelné tvarové dutiny	[Kč]
W <sub>HVS</sub>	Cena horké vtokové soustavy	[Kč]
W <sub>ZF</sub>	Cena ostatních součástí formy	[Kč]
W <sub>HF</sub>	Cena horní části formy	[Kč]
W <sub>DF</sub>	Cena dolní části formy	[Kč]
Z <sub>R</sub>	Roční zisk	[Kč·rok <sup>-1</sup> ]
ρ	Hustota materiálu	[g·cm <sup>3</sup> ]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Plastové výrobky [15],[16],[17],[18]	10
Obr. 2	Pryžový autokoberec	11
Obr. 3	Upínací systém autokoberce	11
Obr. 4	Míchání směsi na dvou válcích [4]	12
Obr. 5	Vulkanizační forma [4]	12
Obr. 6	Zmetkové autokoberce obsahující nedolitky	13
Obr. 7	Termoplastická struktura [3]	14
Obr. 8	Reaktoplastická struktura [3]	14
Obr. 9	Elastomerická struktura [3]	14
Obr. 10	Zjednodušené schéma vstřikovacího cyklu [8]	19
Obr. 11	Plastikace uvnitř vstřikovací jednotky	20
Obr. 12	Průběh plnění formy pro autokoberec	20
Obr. 13	Průběh dotlaku ve formě [8]	21
Obr. 14	Schéma vstřikovacího stroje [21]	22
Obr. 15	Řez šnekovou vstřikovací jednotkou [9]	23
Obr. 16	Hloubka šnekového profilu [1]	23
Obr. 17	Schéma uzavírací jednotky [19]	24
Obr. 18	Uspořádání vzájemné polohy vstřikovací a uzavírací jednotky [1]	24
Obr. 19	Vstřikovací forma [5]	25
Obr. 20	Umístění dutin u vícenásobných forem [2]	26
Obr. 21	Vyhazovací systém s využitím vyhazovacích kolíků [2]	27
Obr. 22	Model autokoberce	28
Obr. 23	Univerzální rám vstřikovací formy-rozložený 3D model	32
Obr. 24	Umístění dělicí roviny	33
Obr. 25	Poloha temperačního systému vůči výstřiku v dutině formy	33
Obr. 26	Horký vtokový systém	34
Obr. 27	Vstřikovací stroj ENGEL Duo 16050/1300 Advanced [13]	35

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Polymerní materiály ke vstřikování [5]	16
Tab. 2	Rozdělení termoplastických elastomerů [5]	18
Tab. 3	Vybrané vlastnosti materiálu [12]	29
Tab. 4	Základní technické parametry stroje ENGEL Duo 16050/1300 Advanced [13]	35
Tab. 5	Výrobní postup	36
Tab. 6	Seřizovací list	37

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Normy pro autokoberce
- Příloha 2 Katalogový list materiálu OnFlex™ S EH 60A-3S7003
- Příloha 3 Vady způsobené brzkým tuhnutím taveniny
- Příloha 4 3D autokoberec

## **SEZNAM VÝKRESŮ**

- BP-145074-01 Výkres součásti - Autokoberec

**Příloha 1 – Normy pro autokoberce Volkswagen**

<b>VOLKSWAGEN AG</b>		<b>VW 2.8.1</b>
<i>Označení normy</i>	<i>Popis normy</i>	
PV 1303	Nekovové materiály; Expoziční zkouška pro konstrukční díly vnitřního prostoru vozidla	
PV 3305	Kaučukové vulkanizáty; Zkouška odolnosti proti ozónu a zkouška trvalé deformace	
PV 3307	Elastomerové konstrukční díly; Plastická a elastická tvárnost	
PV 3316	Pryžové produkty; Porovnávací obrazce trhlin po působení ozónu	
PV 3323	Zkušební nádoby a držáky vzorků pro uložení normalizovaných tyček	
PV 3927	Termogravimetrie pro umělé hmoty a elastomery; Stanovení: změkčovadla, saze	
PV 3929	Nekovové materiály; Účinky podnebí v suchém - horkém klimatu	
PV 3930	Nekovové materiály; Účinky podnebí ve vlhkém – teplém klimatu	
TL 735	Univerzální tuk; Požadavky na mazadla	
TL 745	Univerzální nízkoteplotní tuk; Požadavky na mazadla	
TL 774	Pří sada chladicího prostředku na etylenglykolové bázi; Požadavky na materiál	
TL 788	Motorová nafta; Požadavky napohonné hmoty	
TL 52185	Referenční motorový olej SAE 5W-30 pro zkoušku snášenlivosti elastomerů; Požadavky na mazadla	
VW 01155	Dodávané díly vozidla; Schválení první dodávky a změny	
VW 50180	Konstrukční díly vnitřního prostoru vozidla; Emisní chování	
VW 91101	Norma pro životní prostředí vozidla; Díly vozidla, materiály, provozní látky, zabránění používání škodlivých látek	
DIN 51604-1	Zkušební tekutina FAM pro polymerové materiály; Složení a požadavky	
DIN 51604-2	Zkušební tekutina FAM, s obsahem metanolu, pro polymerové materiály; Složení a požadavky	
DIN 53504	Zkouška kaučuků a elastomerů; Stanovení odolnosti proti přetržení, pevnosti v tahu, prodloužení při přetržení a napěťových hodnot v zkoušce tahem	
DIN 53505	Zkouška kaučuků a elastomerů; Zkouška tvrdosti podle Shore A a Shore D	
DIN 53508	Zkouška kaučuků a elastomerů; Umělé stárnutí	
DIN 53509-2	Zkouška kaučuků a elastomerů; Stanovení odolnosti proti tvorbě trhlin při působení ozónu – Část 2: Referenční postup k stanovení koncentrace ozónu v zkušebních komorách	
DIN 53512	Zkouška kaučuků a elastomerů; Stanovení odrazové pružnosti (kyvadlové kladivo)	
DIN 53516	Zkouška kaučuků a elastomerů; Stanovení opotřebení	
DIN EN 14214	Motorová paliva pro motorová vozidla; Methylestery mastných kyselin (FAME) pro vznětové motory; Technické požadavky a metody zkoušení	
DIN EN ISO 1183-1	Plasty; Metody stanovení hustoty nelehčených plastů, Část 1: Imerzní metoda, metoda s kapalinovým pyknometrem a titrační metoda	

## Příloha 2 - Katalogový list materiálu OnFlex™ S EH 60A-3S7003



### Technical Data Sheet

## OnFlex™ S EH 60A-3S7003 Thermoplastic Elastomer

### Key Characteristics

#### Product Description

OnFlex™-S EH thermoplastic elastomer compounds are based on hydrogenated styrenic block copolymers. This range of compounds are formulated to deliver a great cost/performance ratio in addition to typical OnFlex™-S properties such as a wide hardness range, good mechanical properties, good processability, good colourability and a wide temperature operating range. OnFlex™-S EH compounds are filled, and are therefore opaque and have a moderately high density.

#### General

Material Status	• Commercial: Active		
Regional Availability	• Africa & Middle East • Asia Pacific	• Europe • Latin America	• North America
Features	• General Purpose		
Uses	• Appliances • Automotive Applications	• Consumer Applications • General Purpose	• Industrial Applications
RoHS Compliance	• RoHS Compliant		
Forms	• Pellets		
Processing Method	• Injection Molding		

### Technical Properties <sup>1</sup>

Physical	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Method
Density	1.20 g/cm <sup>3</sup>	1.20 g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183
Elastomers	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Method
Tensile Stress (100% Strain)	334 psi	2.30 MPa	ISO 37
Tensile Stress (300% Strain)	450 psi	3.10 MPa	ISO 37
Tensile Stress (Break)	725 psi	5.00 MPa	ISO 37
Tensile Elongation (Break)	600 %	600 %	ISO 37
Tear Strength	140 lbf/in	25 kN/m	ISO 34-1
Compression Set			ISO 815
73°F (23°C), 72.0 hr	25 %	25 %	
158°F (70°C), 22.0 hr	51 %	51 %	
212°F (100°C), 22.0 hr	78 %	78 %	
Fogging	1.3 mg	1.3 mg	DIN 75201B
Hardness	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Method
Shore Hardness (Shore A)	60	60	ISO 868
Additional Information	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Method
Generic Material Type	Styrenic Thermoplastic Elastomer (TES)	Styrenic Thermoplastic Elastomer (TES)	
Odor Rating	3.00	3.00	VDA 270

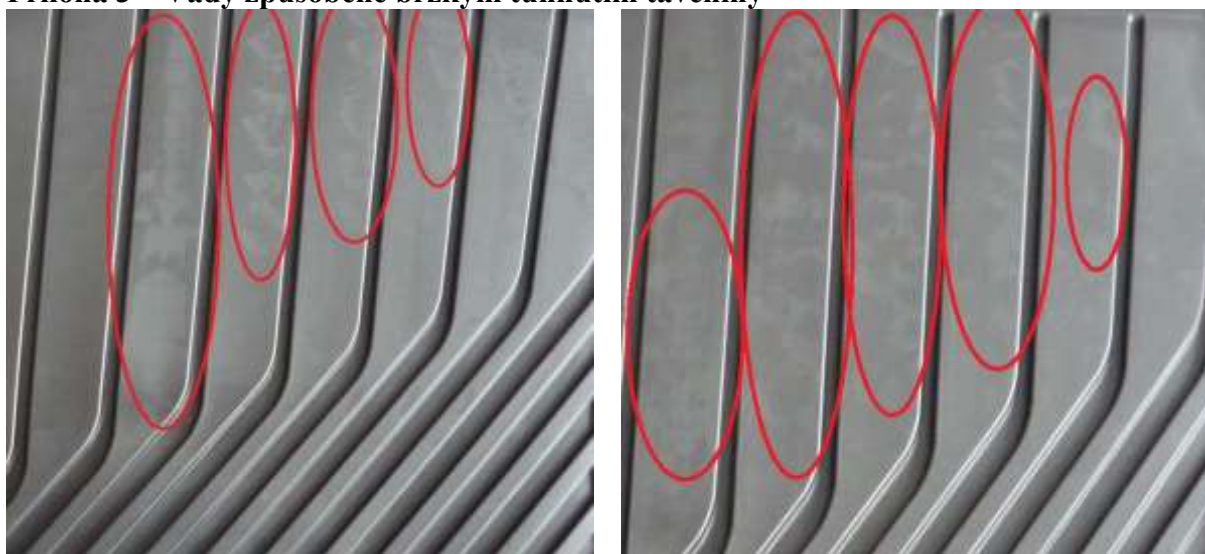
Properties are measured using injection molded plaques.

### Processing Information

Injection	Typical Value (English)	Typical Value (SI)
Processing (Melt) Temp	356 to 428 °F	180 to 220 °C
Mold Temperature	86.0 to 140 °F	30.0 to 60.0 °C
Injection Rate	Fast	Fast

Copyright © 2014 PolyOne Corporation. PolyOne makes no representations, guarantees, or warranties of any kind with respect to the information contained in this document about its accuracy, suitability for particular applications, or the results obtained or obtainable using the information. Some of the information arises from laboratory work with small-scale equipment which may not provide a reliable indication of performance or properties obtained or obtainable on larger-scale equipment. Values reported as "typical" or stated without a range do not state minimum or maximum properties; consult your sales representative for property ranges and minimum specifications. Processing conditions can cause material properties to shift from the values stated in the information. PolyOne makes no warranties or guarantees regarding suitability of either PolyOne's products or the information for your process or end-use application. You have the responsibility to conduct full-scale end-product performance testing to determine suitability in your application, and you assume all risk and liability arising from your use of the information and/or use or handling of any product. POLYONE MAKES NO WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, either with respect to the information or products reflected by the information. This data sheet shall NOT operate as permission, recommendation, or inducement to practice any patented invention without permission of the patent owner.

### Příloha 3 – Vady způsobené brzkým tuhnutím taveniny



### Příloha 4 – 3D autokoberec

Běžný autokoberec



3D autokoberec

